

UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
FACULDADE DE ECONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA

MURILLO ADOLFO DE OLIVEIRA FERNANDES

DIGITALIZAÇÃO E DINÂMICA PRODUTIVA: AS CONTRIBUIÇÕES ESTRUTURAIS
PROMOVIDAS PELO USO DE TICS NA ECONOMIA BRASILEIRA (2010-2021)

JUIZ DE FORA

2026

MURILLO ADOLFO DE OLIVEIRA FERNANDES

DIGITALIZAÇÃO E DINÂMICA PRODUTIVA: AS CONTRIBUIÇÕES ESTRUTURAIS
PROMOVIDAS PELO USO DE TICS NA ECONOMIA BRASILEIRA (2010-2021)

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Economia da Faculdade de Economia da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Economia. Área de concentração: Economia.

Orientador: Prof. Dr. Admir Antonio Betarelli Junior

JUIZ DE FORA

2026

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração automática da Biblioteca Universitária da UFJF, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Adolfo de Oliveira Fernandes, Murillo.

Digitalização e dinâmica produtiva : As contribuições estruturais promovidas pelo uso de TICs na economia brasileira (2010-2021) / Murillo Adolfo de Oliveira Fernandes. -- 2026.

194 f. : il.

Orientador: Admir Antonio Betarelli Junior

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Faculdade de Economia. Programa de Pós-Graduação em Economia, 2026.

1. Tecnologias de informação e comunicação. 2. Análise de decomposição estrutural. 3. Matriz de insumo-produto. 4. Matriz de absorção de investimentos. I. Antonio Betarelli Junior, Admir, orient. II. Título.

Murillo Adolfo de Oliveira Fernandes

Digitalização e dinâmica produtiva: as contribuições estruturais promovidas pelo uso de TICS na economia brasileira (2010-2021)

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Economia da Universidade Federal de Juiz de Fora como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Economia Aplicada. Área de concentração: Economia.

Aprovada em 08 de maio de 2026.

BANCA EXAMINADORA

Dr. Admir Antonio Betarelli Junior - Orientador

Universidade Federal de Juiz de Fora

Dr. Weslem Rodrigues Faria

Universidade Federal de Juiz de Fora

Dr. Fábio Neves Perácio de Freitas

Universidade Federal do Rio de Janeiro

Juiz de Fora, 07/05/2026.



Documento assinado eletronicamente por **Admir Antonio Betarelli Junior, Professor(a)**, em 11/05/2026, às 08:55, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Weslem Rodrigues Faria, Professor(a)**, em 11/05/2026, às 13:38, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **FABIO NEVES PERACIO DE FREITAS, Usuário Externo**, em 15/05/2026, às 10:36, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no Portal do SEI-Ufjf (www2.ufjf.br/SEI) através do ícone Conferência de Documentos, informando o código verificador **2976733** e o código CRC **0E669568**.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, pelo apoio incondicional que me permitiu cursar a graduação e o mestrado. Nada disso seria possível sem o suporte e o amor de vocês.

À toda minha família, pelo carinho e por compreenderem as ausências em prol desta formação.

À professora Eva, por defender que a universidade pública deve ser ocupada por nós, egressos do ensino público. Por mais redundante que pareça, sabemos que nossa representatividade nesses espaços ainda não é justa, por isso, muito obrigado por ter me convencido de que este lugar também era meu.

A todo o corpo docente do Cursinho Popular da Etec de São Roque (2015), cujos ensinamentos foram o alicerce para minha aprovação no Enem e a posterior realização da graduação na UFJF.

Ao meu orientador e professor, Admir, por ter me incluído em um projeto de IC na graduação, e por aceitar me orientar no mestrado. Muito obrigado pelo apoio e atenção oferecidos durante este trabalho.

Ao professor Fernando, por despertar o meu interesse por economia regional.

A todo o corpo docente da faculdade de economia da UFJF, pelo comprometimento e dedicação com a nossa escola. Admiro todos vocês.

À Fapemig, pela bolsa de IC na graduação. À Capes, pela bolsa de mestrado. E à UFJF, pelo financiamento das viagens aos congressos.

À Mariana e ao Arthur, por me convencerem de ingressar no mestrado. E depois, pela paciência, auxílio e apoio nessa jornada.

Aos amigos que sempre fecharam comigo, na melhor e na pior: Dionaldo, Eduarda, Thiago, Daniel, Lucas, Vinicius, João Guilherme, Constantino e Filipe.

Por fim, agradeço especialmente à Carla, que soube compreender os momentos de ausência que este trabalho exigiu e me apoiou com imenso carinho, atenção e companheirismo durante esses anos.

RESUMO

A transição digital reconfigura as estruturas de custos e a acumulação de capital nas economias contemporâneas. As Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs) consolidaram-se como ativos estratégicos, indispensáveis para a modernização da matriz produtiva. Para mensurar a magnitude desse fenômeno no Brasil, este estudo quantifica as contribuições estruturais do uso de TICs para o crescimento do valor bruto da produção (VBP) nacional no período de 2010 a 2021. A pesquisa aplica a técnica de análise de decomposição estrutural a uma série temporal de matrizes de insumo-produto e de matrizes de absorção de investimentos. O modelo isola os efeitos das alterações tecnológicas e das mudanças na demanda final, com o particionamento da intensidade e da composição do uso de TICs no consumo privado e na formação bruta de capital fixo (FBCF). Os resultados atestam que o uso de TICs respondeu por 21,5% do crescimento do VBP brasileiro no intervalo analisado. As mudanças tecnológicas associadas a insumos de TIC promoveram expansão isolada de 4,8% na produção, com destaque para o setor de Administração Pública. Sob a ótica da acumulação, o adensamento da intensidade de capital fixo em TICs impulsionou o VBP em 10,1%. O sistema produtivo apresentou assimetria: o núcleo de manufatura eletrônica demonstrou elevada endogeneidade e alta dependência do consumo das famílias, enquanto a expansão dos serviços de TIC sustentou-se na demanda intermediária e no investimento de indústrias de base e de transformação. Constatou-se, ademais, um movimento estrutural de desmaterialização, caracterizado pela substituição da aquisição de equipamentos físicos por serviços intangíveis na composição dos capitais. Por fim, a decomposição das importações evidenciou que a intensificação tecnológica doméstica conteve a evasão de demandas para o exterior. Sob essa ótica, a calibração dos instrumentos de fomento e de crédito exibe potencial para a indução de investimentos em serviços de informação e para o fortalecimento dos elos domésticos em atividades de elevado poder de dispersão sistêmica. Tal direcionamento viabiliza a maximização dos efeitos identificados e a elevação da competitividade da indústria nacional de TIC.

Palavras-chave: Tecnologias de informação e comunicação; Análise de decomposição estrutural; Matriz de insumo-produto; Matriz de absorção de investimentos.

ABSTRACT

The digital transition is reshaping cost structures and capital accumulation in contemporary economies. Information and Communication Technologies (ICTs) have established themselves as strategic assets, indispensable for the modernization of the productive matrix. To measure the magnitude of this phenomenon in Brazil, this study quantifies the structural contributions of ICT usage to the growth of the national gross value of production (GVP) from 2010 to 2021. The research applies the structural decomposition analysis technique to a time series of input-output matrices and investment absorption matrices. The model isolates the effects of technological shifts and changes in final demand, partitioning the intensity and composition of ICT usage in private consumption and gross fixed capital formation (GFCF). The results confirm that ICT usage accounted for 21.5% of Brazilian GVP growth in the analyzed interval. Technological changes associated with ICT inputs promoted an isolated expansion of 4.8% in production, with the Public Administration sector standing out. From the perspective of accumulation, the increased intensity of fixed capital in ICTs boosted GVP by 10.1%. The productive system displayed asymmetry: the electronic manufacturing core revealed high endogeneity and high dependence on household consumption, whereas the expansion of ICT services was supported by intermediate demand and investment from base and manufacturing industries. Furthermore, a structural movement of dematerialization is observed, characterized by the substitution of physical equipment acquisition for intangible services in the composition of capital. Finally, the decomposition of imports evidenced that domestic technological intensification contained the leakage of demand abroad. From this perspective, the calibration of support and credit instruments shows potential for inducing investment in information services and for strengthening domestic links in activities with high systemic dispersion power. Such orientation enables the maximization of the identified effects and the enhancement of the competitiveness of the national ICT industry.

Keywords: Information and communication technologies; Structural decomposition analysis; Input-output matrix; Investment absorption matrix.

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 – Evolução da participação do valor adicionado da indústria de TIC no PIB (2000-2021) a preços constantes de 2000 e preços de mercado	92
GRÁFICO 2 – Evolução da participação dos insumos de TIC no VBP nacional (2000-2021) a preços constantes de 2000 e preços de mercado.....	93
GRÁFICO 3 – Índices de ligação (2015)	95
GRÁFICO 4 – Composição (%) da oferta e da demanda total por Equipamentos de informática e comunicações no Brasil a preços correntes (2018).....	97
GRÁFICO 5 – Composição (%) da oferta e da demanda total por Serviços de informação no Brasil a preços correntes (2018)	98
GRÁFICO 6 – Maiores coeficientes técnicos de TIC setoriais (2015)	107
GRÁFICO 7 – Absorção relativa da oferta total de produtos e serviços de TIC (S13 e S23) a preços básicos e constantes de 2010.....	109
GRÁFICO 8 – Absorção relativa da oferta total de Equipamentos de informática e comunicações (S13) a preços básicos e constantes de 2010	111
GRÁFICO 9 – Absorção relativa da oferta total de Serviços de informação (S23) a preços básicos e constantes de 2010	112
GRÁFICO 10 – Setores mais intensivos em TIC via formação bruta de capital fixo (2015)	119
GRÁFICO 11 – Variações reais do Produto Interno Bruto (PIB) (2011-2021).....	122
GRÁFICO 12 – Evolução anual da demanda por equipamentos de TIC (2011-2021).....	123
GRÁFICO 13 – Evolução anual da demanda por serviços de TIC (2011-2021).....	127
GRÁFICO 14 – Decomposição estrutural do crescimento do VBP do Brasil: contribuições relativas (2010-2021) (part. %)	139
GRÁFICO 15 – Evolução marginal e acumulada das contribuições tecnológicas de TIC (2011-2021).....	141
GRÁFICO 16 – Evolução marginal e acumulada das contribuições tecnológicas não TIC (2011-2021).....	141
GRÁFICO 17 – Maiores contribuições setoriais do efeito tecnologia TIC (2010-2021) (part. %)	145
GRÁFICO 18 – Evolução acumulada das contribuições de intensidade TIC na FBCF (2011-2021).....	147
GRÁFICO 19 – Evolução acumulada das contribuições de composição (<i>mix</i>) TIC na FBCF (2011-2021)	147

GRÁFICO 20 – Maiores contribuições setoriais das alterações de intensidade em TIC na FBCF (2010-2021) (part. %)	149
GRÁFICO 21 – Maiores efeitos setoriais das alterações na composição (<i>mix</i>) de serviços na FBCF (2010-2021) (part. %)	151
GRÁFICO 22 – Evolução acumulada das contribuições de intensidade TIC no consumo privado (2011-2021)	153
GRÁFICO 23 – Evolução acumulada das contribuições de composição (<i>mix</i>) TIC no consumo privado (2011-2021)	153
GRÁFICO 24 – Contribuições setoriais tecnológicas e de FBCF decorrentes do uso de TICs (2010-2021), em bilhões	157
GRÁFICO 25 – Decomposição estrutural das variações das importações brasileiras: contribuições relativas (2010-2021) (part. %)	159
GRÁFICO 26 – Evolução acumulada das contribuições tecnológicas de TIC (2011-2021)	160

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Decomposição dos multiplicadores de produção das atividades de TIC (2015)	96
TABELA 2 – Setores de maior consumo intermediário de Equipamentos de informática e comunicações (2010-2021): participação (%) na oferta total destes insumos, preços constantes de 2010	103
TABELA 3 – Setores de maior consumo intermediário de Serviços de informação (2010-2021): participação (%) na oferta total destes insumos, preços constantes de 2010	105
TABELA 4 – Setores de maior utilização de insumos de Equipamentos de informática e comunicações na FBCF (2010-2021): participação (%) na oferta total deste capital fixo, preços constantes de 2010.....	116
TABELA 5 – Setores de maior utilização de Serviços de informação na FBCF (2010-2021): participação (%) na oferta total deste capital fixo, preços constantes de 2010	117
TABELA 6 – Variações anuais reais da demanda por equipamentos de TIC (2011-2021), em R\$ bilhões.....	123
TABELA 7 – Variações anuais reais da demanda por serviços de TIC (2011-2021), em R\$ bilhões.....	127
TABELA 8 – Variação acumulada dos vetores de demanda por TICs (2010-2021), em R\$ bilhões.....	129
TABELA 9 – Participação setorial nas mudanças reais positivas no consumo intermediário de TIC (2010-2021).....	131
TABELA 10 – Participação setorial nas mudanças reais negativas no consumo intermediário de TIC (2010-2021).....	131
TABELA 11 – Participação setorial nas mudanças reais positivas nos investimentos (FBCF) em TICs (2010-2021)	134
TABELA 12 – Participação setorial nas mudanças reais negativas nos investimentos (FBCF) em TICs (2010-2021)	134
TABELA 13 – Contribuições tecnológicas marginais e acumuladas (2011-2021), em bilhões	142
TABELA 14 – Contribuições acumuladas do uso de TICs na FBCF: intensidade e composição (<i>mix</i>) (2011-2021), em R\$ bilhões.....	147
TABELA 15 – Contribuições acumuladas do uso de TICs no consumo privado: intensidade e composição (<i>mix</i>) (2011-2021), em R\$ bilhões.....	153

TABELA 16 - Variação real do VBP e contribuição do efeito tecnologia TIC por atividade econômica (2010-2021), em bilhões	189
TABELA 17 - Correspondência e agregação dos setores da MIP e da MAI	190

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – Métricas baseadas em sistemas de contas nacionais	35
QUADRO 2 – Métricas de monitoramento e intensidade.....	36
QUADRO 3 – Estudos aplicados com modelo de insumo-produto	59
QUADRO 4 – Estudos aplicados com modelo de equilíbrio geral	67
QUADRO 5 – Estudos econométricos e de contabilidade do crescimento.....	74
QUADRO 6 – Definição e escopo da indústria de TIC (CNAE 2.0).....	77
QUADRO 7 – Definição e escopo da indústria de TIC no SCN 2010 (nível 67).....	78
QUADRO 8 – Classificação final dos setores da matriz de insumo-produto	102
QUADRO 9 – Principais evidências estruturais das mudanças no uso nacional de TIC pelo sistema produtivo brasileiro (2010-2021).....	155

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – Políticas ao setor TIC no Brasil.....	47
FIGURA 2 – Estrutura analítica da decomposição do crescimento do VBP nacional e importações.....	89

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AIM - Asia-Pacific Integrated Model

Anatel - Agência Nacional de Telecomunicações

ASEAN - Association of Southeast Asian Nations (Associação das Nações do Sudeste Asiático)

BaaS - Banking as a Service

BCB - Banco Central do Brasil

BEA - Bureau of Economic Analysis

BI - Business Intelligence

BLs - Backward Linkages (Índices de ligação para trás)

BNDES - Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social

CADE - Conselho Administrativo de Desenvolvimento Econômico

CAICT - Instituto de Pesquisa de Informação e Comunicação da China

CDES - Conselho de Desenvolvimento Econômico e Social

CEI - Contas Econômicas Integradas

CGI.br - Comitê Gestor da *Internet* no Brasil

CNAE - Classificação Nacional de Atividades Econômicas

CNDI - Conselho Nacional de Desenvolvimento Industrial

Concla - Comissão Nacional de Classificação

CPS - Cyber-Physical Systems (Sistemas ciber-físicos)

DEA - Data Envelopment Analysis (Análise Envoltória de Dados)

DEA - Digital Economy Agreement (Acordo de Economia Digital)

DESI - Digital Economy and Society Index

DII - Digital Intensity Index

DLT - Distributed Ledger Technology

DOI - Digital Opportunity Index

DRU - Desvinculação de Receitas da União

DSUT - Digital Supply-Use Table (Tabela de Oferta e Uso Digital)

E-Digital - Estratégia Brasileira para a Transformação Digital

EEICGE - Energy & Environment Integrated Computable General Equilibrium Model

EGC - Equilíbrio Geral Computável

EPI - E-Participation Index (Índice de Participação Eletrônica)

ERP - Enterprise Resource Planning

FBCF - Formação Bruta de Capital Fixo

Finep - Financiadora de Estudos e Projetos

Fistel - Fundo de Fiscalização das Telecomunicações

FLs - Forward Linkages (Índices de ligação para frente)

Funtec - Fundo de Desenvolvimento Técnico-Científico

Funttel - Fundo para o Desenvolvimento Tecnológico das Telecomunicações

Fust - Fundo de Universalização dos Serviços de Telecomunicações

GDP - Gross Domestic Product

GEE - Gases de Efeito Estufa

GEMTEE - General Equilibrium Model for Taiwanese Economy and Environment

GFCF - Gross Fixed Capital Formation

GIC - Grupo de Indústria e Competitividade

GLS - Mínimos Quadrados Generalizados

GMM - Método dos Momentos Generalizados

GPT - General Purpose Technology (Tecnologia de Propósito Geral)

GRAS - Generalized RAS

GSO - Organização Geral de Estatísticas do Vietnã

GTAP - Global Trade Analysis Project

GTMI - GovTech Maturity Index (Índice de Maturidade da Tecnologia Governamental)

IA - Inteligência Artificial

IBC - Índice Brasileiro de Conectividade

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ICT - Information and Communication Technology

IDI - ICT Development Index

IE-UFRJ - Instituto de Economia da Universidade Federal do Rio de Janeiro

INPI - Instituto Nacional de Propriedade Industrial

IoT - *Internet* of Things (*Internet* das Coisas)

IOT - Input-Output Table

IPI - Imposto sobre Produtos Industrializados

IPO - Initial Public Offering (Oferta Pública Inicial)

IPv4 - *Internet* Protocol version 4

IPv6 - *Internet* Protocol version 6

ISFLSF - Instituições Sem Fins de Lucro a Serviço das Famílias

ISIC - International Standard Industrial Classification

ITIF - Information Technology and Innovation Foundation

ITU - International Telecommunication Union (União Internacional de Telecomunicações)

IXP - *Internet* Exchange Point

KLEMS - Capital, Labor, Energy, Materials, and Services

KRW - Korean Won (Won sul-coreano)

LGT - Lei Geral de Telecomunicações

M2M - Machine to Machine (Máquina a Máquina)

MAI - Matriz de Absorção de Investimentos

MCS - Matriz de Contabilidade Social

MCTI / MCTIC - Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações

MGE - Média e Grande Empresa

MIP - Matriz de Insumo-Produto

MKS - Market-Share

NACE - Nomenclature statistique des Activités économiques dans la Communauté Européenne

NAICS - North American Industry Classification System

NIB - Nova Indústria Brasil

NIC.br - Núcleo de Informação e Coordenação do Ponto BR

NUTS2 - Nomenclature of Territorial Units for Statistics, level 2

OCDE / OECD - Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico

OI - Oferta Importada

OLS - Ordinary Least Squares (Mínimos Quadrados Ordinários)

OMC - Organização Mundial do Comércio

ON - Oferta Nacional

ONU - Organização das Nações Unidas

OSI - Online Service Index (Índice de Serviços Online)

OT - Oferta Total

PAA - Preços do Ano Anterior

Padis - Programa de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico da Indústria de Semicondutores

PAIC - Pesquisa Anual da Indústria da Construção

PAS - Pesquisa Anual de Serviços

PCA - Análise de Componentes Principais

PCR - Preços Correntes

PCT - Preços Constantes em Unidades Totais

PD&I - Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação

P&D - Pesquisa e Desenvolvimento

PERT - Plano Estrutural de Redes de Telecomunicações

PIA - Pesquisa Industrial Anual

PIB - Produto Interno Bruto

PNBL - Programa Nacional de Banda Larga

PPB - Processo Produtivo Básico

PRL - Preços Relativos

PTF - Produtividade Total dos Fatores

SCN - Sistema de Contas Nacionais

SDA - Structural Decomposition Analysis (Análise de Decomposição Estrutural)

SIUP - Serviços Industriais de Utilidade Pública

SMP - Serviço Móvel Pessoal

SOC - Standard Occupational Classification

Sudam - Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia

Sudene - Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste

TCU - Tribunal de Contas da União

TFF - Taxa de Fiscalização de Funcionamento

TFI - Taxa de Fiscalização de Instalação

TI - Tecnologia da Informação

TIC - Tecnologia da Informação e Comunicação

TRU - Tabela de Recursos e Usos

UE - União Europeia

UFJF - Universidade Federal de Juiz de Fora

UNCTAD - United Nations Conference on Trade and Development

UNIDO - Organização das Nações Unidas para o Desenvolvimento Industrial

VA - Valor Adicionado

VAB - Valor Adicionado Bruto

VBP - Valor Bruto da Produção

WEF - World Economic Forum (Fórum Econômico Mundial)

WIOD - World Input-Output Database

WSIS - World Summit on the Information Society

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	21
1.1	Estrutura da dissertação	23
2	ECONOMIA E O SETOR TIC.....	24
2.1	Economia digital	24
2.2	Métricas de mensuração da economia digital e classificação TIC.....	27
2.3	Um panorama da digitalização na economia brasileira	37
2.3.1	Políticas.....	37
2.3.2	Setores de tecnologia de informação e comunicação (TIC)	48
2.4	Estudos anteriores e relacionados	54
2.4.1	Análises de insumo-produto	55
2.4.2	Análises com equilíbrio geral computável (EGC)	63
2.4.3	Análises econométricas e de contabilidade do crescimento	68
3	METODOLOGIA	77
3.1	Técnica de decomposição estrutural	80
3.2	Base de dados.....	89
3.2.1	A TIC e os dados do Sistema de Contas Nacionais (SCN).....	90
3.2.2	Matrizes de insumo-produto (SCN Referência 2010).....	98
3.2.3	Matrizes de absorção de investimentos (SCN Referência 2010).....	113
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	121
4.1	Variações reais na demanda por TIC	121
4.2	Decomposição do VBP nacional	138
4.3	Decomposição das importações	158
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	161
	REFERÊNCIAS	166
	ANEXO	189

1 INTRODUÇÃO

As Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs) representam o conjunto de recursos tecnológicos integrados que permitem a automação, o processamento e a transmissão de informações. Enquanto a terminologia TI (Tecnologia da Informação) concentra-se em atributos de software e hardware, as TICs ampliam esse escopo com a incorporação das telecomunicações (*e.g.* redes de fibra ótica, telefonia, rádio e televisão) e da conectividade que permite a interação entre pessoas e sistemas. Em uma perspectiva analítica mais ampla, o conceito de “economia digital” engloba as transformações econômicas proporcionadas pelas TICs. Embora existam diferentes definições para esse termo, a literatura estabelece uma relação direta entre economia digital e a integração das TICs em processos produtivos (Bukht; Heeks, 2017; Goldfarb; Tucker, 2019; Lourenço, 2024; Mesenbourg, 2001; OECD, 2013; Zackiewicz, 2015). Os insumos fornecidos pelos setores de TIC constituem a base para inovações como a Indústria 4.0, que adota tecnologias digitais para prover soluções em processos industriais (Frank; Dalenogare; Ayala, 2019)

No contexto brasileiro, a digitalização tem avançado por meio de uma combinação de políticas públicas e da dinâmica do próprio mercado, embora ainda enfrente desafios estruturais. A privatização das telecomunicações na década de 1990 e a promulgação da Lei Geral de Telecomunicações (1997) foram marcos para a expansão da infraestrutura e o aumento da concorrência no setor. Políticas subsequentes, como a nova Lei de Informática (2019), buscaram fomentar a capacidade técnica e a inovação nas empresas de TIC por meio de incentivos a investimentos em P&D. Além disso, o país tem apresentado avanços na digitalização do governo, posicionado como o segundo melhor no Índice de Maturidade da Tecnologia Governamental do Banco Mundial em 2022 (World Bank, 2022).

Em relação à participação do agregado do valor adicionado (VA) dos setores de TIC no Produto Interno Bruto (PIB) nacional, essa parcela passou de 4,8% em 2000 para 7,6% em 2021¹ (IBGE, 2023b). Esse incremento, em termos de participação, foi a maior economia brasileira², desempenho que posicionou os setores de TIC na quinta posição entre as atividades de maior

¹ Tabela 10.4 da série retropolada das TRUs de 2000-2021 (IBGE, 2023a), calculada a preços constantes de 2000 (unidades de volume).

² Na sequência desse *ranking*, destacaram-se as Atividades Imobiliárias e Aluguéis (que passaram de 12,2 para 14,9%); e de Intermediação Financeira, Seguros, Previdência Complementar e Serviços Relacionados (que passaram de 6,8 para 9%).

representatividade no PIB (2021) (IBGE, 2023b). Adicionalmente, no período analisado neste trabalho (2010-2021), o VA das TICs apresentou o maior crescimento acumulado de toda a economia brasileira (IBGE, 2023b) e a incorporação desses insumos pelo sistema produtivo nacional (*i.e.*, o consumo intermediário de TIC) apresentou variação média anual três vezes superior à do VBP total do Brasil (a preços constantes de 2010) (IBGE, 2023c), o que demonstra uma mudança técnica generalizada no uso desses componentes. Sob outra ótica, a demanda final por bens e serviços de TIC também apresentou mudanças estruturais entre os anos de 2010 e 2021. Na formação bruta de capital fixo (FCBF) setorial, a utilização de serviços superou proporcionalmente a de bens manufaturados, com intensidades distintas entre os setores. Por sua vez, o consumo privado ampliou a incorporação de equipamentos de informática e comunicação, em detrimento da absorção de serviços de informação.

Diante dessas mudanças técnicas e de demanda por TICs na economia brasileira, o objetivo central desta dissertação é analisar as contribuições promovidas pelo uso de TIC no crescimento do valor bruto de produção (VBP) brasileiro. Para acomodar este problema de pesquisa, este estudo aplica uma análise de decomposição estrutural (SDA, do inglês *Structural Decomposition Analysis*) ano-a-ano (2010-2021) nas Matrizes de Insumo-Produto (MIPs) e de Absorção de Investimentos (MAIs), estimadas em Alves-Passoni; Freitas (2023) e Miguez; Freitas (2021) e agregadas e compatibilizadas para o propósito da metodologia.

A abordagem quantifica três contribuições estruturais relacionadas às alterações no uso de TICs: (i) tecnologia de produção (consumo intermediário), (ii) investimentos setoriais (FBCF) e (iii) consumo privado. Segundo as Contas Nacionais, estes são os principais vetores de demanda por TICs no Brasil (IBGE, 2023c). A análise aprofunda-se nos determinantes dessas variações ao identificar e quantificar os efeitos tecnológicos, bem como as alterações de intensidade e composição das TICs no âmbito setorial. Adicionalmente, examina as mudanças na intensidade e na composição das TICs no vetor de consumo das famílias. Esse nível de desagregação diferencia a presente abordagem de estudos anteriores que utilizaram a técnica SDA com objetivos semelhantes, mas que decompuseram apenas os efeitos tecnológicos das TICs (Zhou, Zhou e Wang, 2018; Li *et al.*, 2025), ou seja, isolaram as TICs apenas para as mudanças na matriz tecnológica; ou que analisaram apenas os efeitos de demanda (Wang *et al.*, 2024; Zuhdi, Mori e Kamegai, 2012), ao isolar os produtos e serviços de TIC exclusivamente para os vetores de demanda final.

Além disso, a abordagem de decomposição anual com MIPs encadeadas sob o mesmo nível de preços, ao calcular a diferença entre MIP do ano corrente a preços do ano anterior e na MIP do ano anterior a preços correntes, supera as limitações de efeito preço e escala inerentes às abordagens a preços constantes (*e.g.*, Dietzenbacher *et al.*, 2013). Outro diferencial reside na redução das divergências entre métodos de decomposição, pois a periodicidade anual atenua os impactos causados por longos intervalos entre as matrizes (Dietzenbacher; Los, 1997). Desse modo, a abordagem empírica garante a consistência da análise sobre as mudanças estruturais investigadas neste trabalho.

Complementarmente, realiza-se uma decomposição das importações com o objetivo de analisar os efeitos de transferência (*leakage*) inerentes às mudanças no uso de TICs, sob a mesma estrutura da decomposição do VBP nacional. Essa análise mostra-se relevante, pois os ganhos para o VBP nacional não expressam, por si sós, as mudanças tecnológicas puras nem as variações na demanda final. Particularmente, a importação de equipamentos de informática e comunicação detém peso significativo (26,9%) na estrutura de oferta nacional, segundo a Tabela de Recursos e Usos de 2018 (IBGE, 2023c). Tais efeitos reverberam em economias externas, embora se originem de alterações tecnológicas e de demanda no âmbito doméstico.

1.1 Estrutura da dissertação

Além deste capítulo introdutório, esta dissertação organiza-se em mais quatro capítulos. O capítulo 2 apresenta uma revisão teórica e empírica sobre a digitalização na economia. A primeira seção explora o conceito de economia digital, ao passo que a segunda examina as distintas métricas empregadas na mensuração dos níveis de digitalização. A terceira seção traça um panorama da economia digital no Brasil e aborda estratégias políticas adotadas para o setor de TIC e indicadores relacionados ao desenvolvimento nacional da área. Por fim, a última seção do capítulo 2 explora abordagens empíricas sobre os efeitos econômicos da digitalização e das TICs. O capítulo 3 detalha a metodologia de decomposição estrutural, bem como descreve as fontes e o tratamento da base de dados. Na sequência, o capítulo 4 apresenta e discute os resultados empíricos da pesquisa. Por fim, o capítulo 5 expõe as considerações finais e as implicações do estudo.

2 ECONOMIA E O SETOR TIC

Este capítulo apresenta uma revisão teórica e empírica sobre a digitalização e o papel dos setores de Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) na economia. O objetivo consiste em contextualizar o avanço desse fenômeno no Brasil e reunir abordagens metodológicas associadas à sua mensuração. Inicialmente, a seção 2.1 expõe o conceito de economia digital, enquanto a seção 2.2 apresenta diversas métricas desenvolvidas por instituições internacionais e estudos aplicados. Na sequência, a seção 2.3 traça um panorama da digitalização no Brasil. Para isso, o texto resgata o histórico de políticas públicas de incentivo ao setor de TIC e expõe indicadores recentes de conectividade e de infraestrutura nacional. Por fim, a seção 2.4 conclui o capítulo com uma revisão da literatura empírica sobre os efeitos econômicos da difusão das TICs e da digitalização, estruturada a partir de estudos baseados em modelos de insumo-produto, em equilíbrio geral computável e em abordagens econométricas e de contabilidade do crescimento.

2.1 Economia digital

Em 1995, Tapscott popularizou o termo economia digital em sua obra *The Digital Economy* (Tapscott, 1995). Embora não tenha oferecido inicialmente uma concepção analítica e estruturada do que a constitui, o autor associa o termo à nova economia e o compara a uma revolução tão grande quanto a transição da era agrícola para a industrial. Sua perspectiva reside numa inteligência coletiva caracterizada pela capacidade de interligar a inteligência, o conhecimento e a criatividade humana através da tecnologia para a criação de riqueza e desenvolvimento social. Para ele, os componentes que impulsionam a economia digital são as indústrias de infraestrutura de tecnologia da informação e comunicação (TIC), *i.e.*, de computação, comunicações e conteúdo. Além disso, a convergência dessas indústrias transfere o valor do *hardware* para *software* e serviços, o que possibilita redefinir cadeias produtivas e eliminar fronteiras de capacidade técnica entre empresas (Tapscott, 1995).

Uma definição mais estruturada concentra-se na identificação dos bens e serviços cuja criação, produção, venda ou entrega dependem diretamente de tecnologias digitais (Kling; Lamb, 2000). Isso permite classificar subsetores da economia digital por nível de dependência tecnológica em quatro categorias: (i) bens e serviços altamente digitais, *i.e.*, produtos e serviços predominantemente digitais, como transferências interbancárias e educação *online*; (ii) bens e

serviços digitais mistos (*e.g.*, lojas de bens tangíveis vendidos pela *internet*); (iii) serviços ou produção de bens intensivos em tecnologia da informação; e (iv) segmentos da indústria de TI que suportam os três grupos anteriores, como indústrias de redes de computadores, fabricação de computadores e empresas de consultoria em TI (Kling; Lamb, 2000).

Outra perspectiva considera a economia digital como a infraestrutura de TIC e sua aplicação em processos econômicos que transcendem o comércio eletrônico, além da gestão de processos de negócios (Mesenbourg, 2001). Definições mais recentes reconhecem os dados e a capacidade de gerenciá-los e utilizá-los como um elemento central para a definição e o funcionamento da economia digital (G20 DETF, 2018; OECD, 2020e). A Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) descreve o conceito de forma ampla, como um conjunto de todas as atividades que dependem do uso de insumos digitais (tecnologias, infraestrutura, serviços e dados) ou que são aprimoradas por eles (OECD, 2020b).

Na prática, essa infraestrutura digital materializa-se em diversas tecnologias. Redes sem fio 5G e de fibra óptica, *e.g.*, possibilitam a transmissão rápida e eficiente de dados. Paralelamente, serviços digitais, como sistemas de pagamento eletrônico e plataformas de serviços bancários (BaaS, do inglês *Banking as a Service*) facilitam as transações financeiras. Nesse contexto, a computação em nuvem (*cloud computing*) disponibiliza armazenamento e processamento sob demanda, serviço que viabiliza a adoção de ferramentas como análise de dados (*Analytics*), inteligência artificial³ (IA) e *Internet das Coisas*⁴ (IoT) por empresas de diferentes tamanhos.

Em conjunto, essas tecnologias constituem um dos principais insumos para o alcance de metas e o suporte às atividades na Indústria 4.0, caracterizada pela adoção de tecnologias digitais a fim de prover soluções em processos industriais (Frank; Dalenogare; Ayala, 2019). Além disso, práticas organizacionais, como reengenharia de processos, capital humano qualificado, investimentos em P&D e outros ativos intangíveis são citados como catalisadores do impacto da TIC na produtividade total dos fatores (Edquist; Henrekson, 2017; Kim *et al.*, 2021a; Nakatani, 2021). Essas práticas também podem amplificar efeitos de transbordamento entre as

³ Campo da ciência da computação que utiliza algoritmos e modelos matemáticos para permitir que máquinas simulem a inteligência humana, com capacidade para aprender (*machine learning*), raciocinar e tomar decisões autônomas a partir de grandes volumes de dados.

⁴ Infraestrutura de sensoriamento e comunicação. Consiste em uma rede de objetos físicos incorporados com sensores, *software* e tecnologias de rede com o objetivo de conectar e trocar dados com outros dispositivos e sistemas pela internet.

indústrias ao reduzirem assimetrias de conhecimento (Goldfarb; Tucker, 2019; Kretschmer, 2012; Spence, 2021; Zackiewicz, 2015).

Além dos ganhos empresariais, a digitalização também é associada ao conceito de cidades inteligentes (*Smart Cities*), uma vez que as TICs alteram ambientes urbanos e a prestação de serviços, como mobilidade, segurança e gestão energética (Lourenço, 2024; Ullah *et al.*, 2025). Nesse âmbito, modelos de gêmeos digitais urbanos (*City Digital Twins*), por replicarem sistemas urbanos reais virtualmente, são utilizados para melhorar a gestão das cidades. Tais modelos combinam tecnologias de IoT, IA, aprendizado de máquina (*Machine learning*) e sistemas *ciber-físicos* (CPS⁵, do inglês *Cyber-Physical Systems*) para monitorar, analisar e otimizar em tempo real áreas como transporte, energia, saúde e segurança pública (Huzzat *et al.*, 2025). Essa capacidade de monitoramento auxilia o enfrentamento de desafios inerentes ao crescimento acelerado das cidades. Consequentemente, a abordagem desses modelos permite não apenas reagir a problemas, mas antecipá-los por meio de simulações preditivas. Adicionalmente, os gêmeos digitais urbanos integram dados dispersos em uma única plataforma, vantagem que facilita a tomada de decisões baseada em evidências por gestores públicos (Ullah *et al.*, 2025).

Já no âmbito global, a reorganização da produção impulsionada pela digitalização promove transformações estruturais que incluem desde a revisão de estratégias de localização, com tendências ao *reshoring*⁶ e regionalização, até a alteração na distribuição de ganhos via “servicificação”, processo no qual o valor do produto industrial advém cada vez mais de serviços e menos da fabricação física (Marcato; Sarti; Introini, 2023). Complementarmente, o avanço das TICs criou um sistema interligado para a circulação simultânea de fluxos de dados e recursos financeiros através de fronteiras nacionais, com a superação de barreiras aduaneiras tradicionais e a integração de mercados em um único espaço de informação global (Chaliuk *et al.*, 2021). Sob essa ótica, as TICs reconfiguram o comércio internacional, visto que reduzem custos operacionais, simplificam as cadeias globais de valor, aceleram a difusão de ideias e estabelecem conexões diretas entre empresas e consumidores em escala mundial (OECD,

⁵ Em um CPS a computação e a rede estão incorporadas nos processos físicos, característica que permite que eles se monitorem, se comuniquem e se adaptem em tempo real.

⁶ O *reshoring* é o processo de trazer a produção industrial de volta para o país de origem da empresa. Ele é o movimento contrário ao *offshoring* (quando as empresas levavam fábricas para países com mão de obra barata).

2020d; UN, 2021). O volume dos fluxos transfronteiriços de dados e informações aumentou 47 vezes no período 2005-2014 (McKinsey, 2016), evidência que corrobora essa revolução.

Não obstante os avanços conceituais e suas implicações adjacentes, persistem lacunas relativas às métricas de mensuração da economia digital, em virtude da disponibilidade limitada de dados específicos e da ampla variedade de indicadores propostos. Essa divergência de métodos e a natureza dinâmica do fenômeno dificultam tanto a comparação sistemática entre estudos quanto a formulação de políticas públicas baseadas em evidências. Diante dessa demanda por métricas padronizadas, a próxima seção analisa diversas metodologias de avaliação e seus respectivos indicadores.

2.2 Métricas de mensuração da economia digital e classificação TIC

A fim de capturar seus canais de impacto, diversos estudos e organizações internacionais têm se dedicado a desenvolver abordagens para quantificar o processo de digitalização (e.g. Calvino et al., 2018; Eurostat, 2024; ITU, 2025; Pan et al., 2022). Esse arcabouço se distribui em duas vertentes principais: (i) métricas de monitoramento, baseadas em sistemas de índices compostos sobre tecnologias de informação e comunicação (TICs); e (ii) métricas estruturais derivadas do Sistema de Contas Nacionais (SCN), destinadas a mensurar a magnitude macroeconômica da economia digital de uma região e/ou mensurar a intensidade do uso de TICs pela estrutura produtiva.

Vinculada à primeira vertente, a União Internacional de Telecomunicações (ITU, do inglês *International Telecommunication Union*) desenvolveu, em 2005, o *Core ICT indicators*, um conjunto de métricas padronizadas estabelecidas durante a Reunião Temática sobre a Medição da Sociedade da Informação⁷ (WSIS, do inglês *World Summit on the Information Society*). Esse sistema estrutura-se em três eixos principais: acesso digital, que quantifica a infraestrutura tecnológica por meio de dados como assinaturas de banda larga; aplicações digitais, que avaliam o uso efetivo das tecnologias por domicílios, empresas e governo; e habilidades digitais, mensuradas através de competências específicas e formação na área de TIC. Ao incorporar também dimensões econômicas e ambientais, o modelo totaliza mais de 60

⁷ Realizada em Genebra (7 a 9 de fevereiro de 2005)

indicadores que fornecem um diagnóstico abrangente do desenvolvimento digital nos 196 países-membros da organização (ITU, 2022).

Como desdobramento dessa estrutura, a ITU publica o *ICT Development Index* (IDI), uma medida composta e referencial cuja versão metodológica de 2025 combina diversos indicadores de TIC em uma única pontuação (ITU, 2025). O propósito do IDI é monitorar e comparar o nível e a evolução do desenvolvimento das TICs entre os países e ao longo do tempo. Dessa forma, o IDI sintetiza os *Core ICT indicators* para criar um índice único que permite classificações padronizadas entre 164 países. Tal abordagem viabiliza uma avaliação mais focada no impacto qualitativo da conectividade, embora ainda enfrente alguns desafios de disponibilidade de dados⁸ (ITU, 2025).

Enquanto a ITU prioriza o monitoramento macroeconômico e qualitativo da conectividade global, outras abordagens concentram-se na matriz produtiva. Nesse escopo, em contribuição ao projeto OECD *Going Digital*, (Calvino *et al.*, 2018) propuseram uma taxonomia setorial para a mensuração da digitalização das indústrias. Os autores construíram séries temporais para o período 2001-2015 com base em cinco critérios principais, dos quais os dois primeiros derivam diretamente do SCN: (1) a participação do investimento em TICs tangíveis e intangíveis na formação bruta de capital fixo (FBCF); e (2) a parcela de bens e serviços intermediários de TICs no valor bruto da produção (VBP). Os demais critérios compreendem (3) o estoque de robôs por cem empregados; (4) a proporção de especialistas em TICs no emprego total, com base em pesquisas de força de trabalho; e (5) a fatia do faturamento proveniente de vendas online.

Dessa maneira, a métrica proposta em (Calvino *et al.*, 2018) deriva uma taxonomia global, que consiste em computar uma média da posição de cada setor em cada uma das dimensões de digitalização consideradas. Cada setor e cada indicador têm um peso de 1/36 (número total de setores na taxonomia). Embora os valores resultantes não possuam uma interpretação isolada, podem ser instrumentos de classificação e identificação da heterogeneidade setorial quanto ao grau de maturidade tecnológica e às suas especificidades na transição digital. A classificação final dos setores utiliza quatro níveis de intensidade digital, definidos pelos quartis da distribuição setorial dos indicadores. Não obstante, a abordagem de médias setoriais pode

⁸ Veja o relatório *Measuring digital development The ICT Development Index 2025* (ITU, 2025)

esconder diferenças entre empresas (*i.e.*, a heterogeneidade intrassetorial). Ademais, a cobertura geográfica varia conforme o indicador analisado, fator que pode limitar a comparabilidade entre resultados (Calvino *et al.*, 2018).

Na mesma linha, durante as discussões da Força-Tarefa de Economia Digital do G20, a OCDE utilizou a taxonomia de Calvino *et al.* (2018) em um roteiro voltado à mensuração da digitalização de forma padronizada, em alinhamento ao SCN. O roteiro propôs o desenvolvimento das chamadas Tabelas de Oferta e Uso Digital (DSUTs, do inglês *Digital Supply-Use Tables*), uma expansão das Tabelas de Recursos e Usos. As DSUTs analisam as transações digitais entre setores, classificadas pela modalidade de solicitação ou entrega. Nesse modelo, os bens físicos são discriminados entre transações virtuais e físicas, ao passo que os serviços estritamente digitais se caracterizam por sua aquisição e provisão eletrônicas. Com esse objetivo, foram adicionadas sete colunas específicas para novos setores digitais (*e.g.*, plataformas intermediárias com cobrança de taxa, plataformas de dados e *e-commerces*). Houve também a inclusão de linhas de produtos digitais e serviços de TIC, como computação em nuvem, para rastrear o uso e o consumo de produtos de TIC em diferentes atividades (OECD, 2020b).

A estrutura das DSUTs permite identificar setores tipicamente digitais e mensurar seu valor adicionado bruto (VAB) específico (OECD, 2020b). Além disso, essas tabelas podem indicar como a digitalização transforma setores tradicionais, seja no modo de compra ou na natureza do produto, pois elas capturam tanto o valor adicionado direto das atividades digitais puras quanto o valor adicionado indireto gerado pela digitalização em outros setores. Apesar disso, o roteiro está em uma fase de implementação. Os países-membros da OCDE foram solicitados a fornecer estimativas iniciais para a realização da abertura dessas atividades na estrutura do SCN de forma consistente. Os métodos de compilação, como pesquisas empresariais ou dados fiscais, não fornecem as informações adicionais necessárias sobre a natureza das transações digitais, e os registros empresariais estatísticos carecem do nível de detalhe para delinear indústrias digitais emergentes (OECD, 2020b).

Sob uma perspectiva de mensuração subnacional, a Fundação para a Inovação e Tecnologia da Informação (ITIF, do inglês *Information Technology and Innovation Foundation*) criou o índice composto *State New Economy Index*, para mensurar o grau de desenvolvimento da “Nova Economia” nos 50 estados dos EUA. O índice avalia a estrutura econômica dos estados a partir

de 25 indicadores distribuídos em cinco categorias: empregos do conhecimento, globalização, dinamismo econômico, economia digital e capacidade de inovação. A metodologia atribui pesos específicos a cada indicador e categoria para compor a pontuação final. Por exemplo, na categoria Empregos do conhecimento, que corresponde a 20% do índice, indicadores como a formação educacional da força de trabalho recebem peso 1, enquanto empregos de TI e gerenciais têm peso 0,75 cada. Cada indicador é padronizado para permitir comparações e ajustado para controlar distorções setoriais. Utiliza-se a classificação industrial norte-americana (NAICS, do inglês *North American Industry Classification System*) para os setores e a classificação padrão de ocupações (SOC, do inglês *Standard Occupational Classification*), para a força de trabalho. A principal limitação do índice é seu escopo restrito aos estados norte-americanos. Além disso, a metodologia e os dados, como informações sobre patentes registradas localmente e ofertas públicas iniciais (IPOs, do inglês *Initial Public Offering*), são específicos ao contexto dos EUA, o que dificulta sua aplicação direta para comparações internacionais (ITIF; Atkinson; Foote, 2021).

De maneira análoga, o *Digital Economy and Society Index* (DESI), desenvolvido pela Comissão Europeia (2014), avalia o progresso digital dos países-membros da União Europeia (UE). O índice é estruturado em quatro dimensões principais, com pesos iguais⁹: Capital humano, que abrange indicadores de habilidades digitais da população e especialistas em TIC; Conectividade, *i.e.*, infraestrutura e adoção de banda larga; Integração de tecnologia digital, a qual engloba o uso de soluções como IA, *big data* e comércio eletrônico pelas empresas; e os Serviços públicos digitais, que compreendem governo eletrônico e abertura de dados. Os indicadores do DESI combinam dados oficiais do *Eurostat*, estudos setoriais e relatórios especializados. Esses dados são normalizados por meio do método *min-max*, que consiste em uma projeção linear de cada indicador para uma escala que varia entre 0 e 1. Os valores para observações faltantes são estimados mediante a utilização de dados do ano anterior ou seguinte, e de indicadores *proxy* para inferir tendências na completude de séries temporais. Adicionalmente, a agregação dos indicadores para a construção do índice final ocorre por meio de uma estrutura preestabelecida, com ponderações definidas de forma exógena, baseadas em prioridades políticas da UE, estrutura suscetível a vieses na representação da realidade digital (Cámara; Tuesta, 2017).

⁹ Exceto os que medem as metas da estratégia *Digital Decade* de 2030, que recebem o dobro do peso dentro de suas respectivas subdimensões.

Restrita à realidade da União Europeia (UE), outra métrica é o *Digital Intensity index* (DII), proposto pelo *Eurostat* em 2015, um indicador composto utilizado para mensurar os níveis de digitalização das firmas. Ele integra 12 variáveis relacionadas ao uso de tecnologias digitais e comércio eletrônico. Cada uma das variáveis soma um ponto ao índice, que varia de 0 a 120, o que permite classificar as empresas em faixas de maturidade digital. Os dados são coletados anualmente por institutos nacionais de estatística, conforme metodologia padronizada do *Eurostat*, e desagregados por setor econômico segundo a classificação industrial da comunidade europeia (NACE, do francês *Nomenclature statistique des Activités économiques dans la Communauté Européenne*), e porte de empresa. Embora a métrica garanta comparabilidade geográfica entre países da UE, as discussões anuais provocam mudanças na construção do índice que podem limitar análises temporais de longo prazo. O Índice DII combina dois tipos de informações temporais para compor sua análise: dados sobre a adoção imediata de tecnologias digitais, como uso de IA ou *cloud computing*, que refletem práticas correntes das empresas no ano de referência; e métricas que exigem um ciclo completo de apuração, a exemplo do volume de comércio eletrônico, do faturamento e das transações. A abordagem híbrida captura tanto inovações recentes quanto atividades digitais estruturadas que demandam períodos mais longos de mensuração. Publicado no quarto trimestre de cada ano, o índice DII sincroniza esses diferentes ciclos temporais (Eurostat, 2024).

Sob uma perspectiva distinta, no contexto do Brasil, o Índice Brasileiro de Conectividade (IBC), elaborado pela Anatel, mede o desenvolvimento da conectividade em municípios e unidades federativas do Brasil. Sua construção é inspirada no *ICT Development Index* (IDI) da ITU, e se baseia inicialmente em sete variáveis focadas em aspectos digitais, como densidade de acessos móveis e fixos, percentual de população coberta e presença de *backhaul*¹⁰ de fibra ótica. No entanto, a versão mais atual do IBC (2024) incorpora novos parâmetros, como a contagem de acessos 4G e 5G para telefonia móvel, e acessos de banda larga fixa com velocidade superior a 100 Mbps, além de incluir uma variável da área passível de uso agrícola com cobertura 4G e 5G (%). Para assegurar a comparabilidade intertemporal, estabelecem-se limites teóricos *min-max* para a normalização das variáveis, ao contrário da versão anterior (2023), que utilizava os valores extremos registrados no ano. Ademais, a ponderação das variáveis foi revisada a fim de adaptá-las para localidades sem área agrícola legal passível de uso. Todavia, apesar de prover

¹⁰ O *backhaul* (rede de transporte ou enlace de interligação) compõe a porção intermediária de uma rede de telecomunicações. Sua função é escoar o tráfego de dados agregado nas extremidades da rede (onde ocorre a conexão com o usuário final) para o *backbone* (núcleo da rede). Essa infraestrutura pode ser implementada fisicamente por meio de fibra ótica, enlaces de rádio (micro-ondas) ou conexões via satélite.

um panorama detalhado, o maior rigor da nova metodologia (2024) gera descontinuidade na série histórica, e a Anatel não recalcula os dados anteriores do IBC (Anatel, 2025).

Destarte, alguns trabalhos aplicados também têm adotado a construção de índices de digitalização compostos para avaliar seus efeitos econômicos. Pan *et al.* (2022), por exemplo, propuseram um índice de desenvolvimento da economia digital para analisar seus efeitos sobre a produtividade total de fatores (PTF) nas províncias chinesas no período de 2010 a 2018. Os indicadores são selecionados a partir de sistemas de medição da OCDE, extraídos do Instituto de Pesquisa de Informação e Comunicação da China (CAICT) e do Escritório Nacional de Estatísticas chinês. O índice multidimensional resultante estrutura-se em três dimensões primárias: infraestrutura, escala industrial e valor de transbordamento. A primeira agrega indicadores de acesso e penetração, como a densidade de telefonia móvel, o número de domínios '.CN' e a quantidade de endereços IPv4. A escala industrial compreende o volume de instituições, os dispêndios internos e a força de trabalho voltada ao P&D em setores de alta tecnologia. Já o valor de transbordamento utiliza o valor adicionado da indústria terciária para capturar as externalidades econômicas da digitalização. A fim de evitar vieses, os autores aplicaram a análise de componentes principais (PCA), técnica que reduz a dimensionalidade dos dados e atribui pesos conforme a contribuição relativa de cada variável para a variância total (Pan *et al.*, 2022).

Sob uma perspectiva análoga, Feng *et al.* (2022) mensuraram o nível de digitalização nas províncias chinesas para estimar o seu impacto na PTF. A metodologia baseia-se na construção de um índice particionado em duas dimensões fundamentais: a industrialização digital e a digitalização industrial, as quais abrangem, conjuntamente, 16 variáveis secundárias. Os dados para essa análise procedem do Departamento Nacional de Estatísticas, do banco *Wind* e de anuários estatísticos regionais. A dimensão de industrialização digital compreende os setores de tecnologias digitais e serviços correlatos. No segmento de *hardware*, os autores incluíram a produção de telefones celulares, circuitos integrados e equipamentos de microcomputação, além da extensão da malha de fibra óptica. Quanto aos serviços de *software*, as variáveis selecionadas contemplam o número de empresas e empregados do setor, o volume de serviços de telecomunicação e as receitas de negócios de *software*. Já a digitalização industrial foca na aplicação prática dessas tecnologias na estrutura produtiva, medida por indicadores de assinantes de telefonia móvel, portas de banda larga, comércio eletrônico e presença digital

(sites e páginas web). Tal como no estudo de Pan *et al.* (2022), os autores aplicaram a análise de componentes principais (PCA) para a consolidação do índice sintético (Feng *et al.*, 2022).

Em uma abordagem distinta, Zhang e Li (2023) mensuraram a economia digital na China a partir de uma matriz de insumo-produto inter-regional das Províncias de Pequim, Tianjin e Hebei (2017). Assim como em Feng *et al.* (2022), o fenômeno é segmentado em industrialização digital e a digitalização industrial. Quanto à primeira, que corresponde ao núcleo da economia digital (setor de TIC), os pesquisadores identificaram as atividades da matriz integralmente digitais, como a fabricação de computadores e os serviços de informação, e contabilizaram diretamente a totalidade de seu valor adicionado. Para os setores classificados como parcialmente digitais, a metodologia consistiu na estimativa da participação da receita de negócios digitais sobre a receita total de cada setor-mãe, com o auxílio de dados do Censo Econômico para a desagregação das parcelas correspondentes. Sob a premissa de que a estrutura de custos de produção da parcela digital é idêntica à da indústria como um todo, conforme o método do *Bureau of Economic Analysis* (BEA) (Barefoot *et al.*, 2018), estabeleceu-se um ponderador de desagregação (*splitting coefficient*). Esse coeficiente, ao ser multiplicado pelo VA total dos setores híbridos na matriz, permite a estimação precisa da parcela de valor gerada pela atividade digital.

No que concerne à digitalização industrial, que representa o uso de tecnologias digitais pelos setores tradicionais, a análise de Zhang e Li (2023) priorizou a ótica dos insumos. Para tanto, as empresas de cada setor da MIP foram segmentadas em duas categorias: aquelas em processo de transformação digital (com despesas em serviços de TI superiores a zero) e as estritamente tradicionais. Com base nos custos operacionais totais de cada grupo, as colunas de compras de cada setor tradicional da matriz foram desagregadas em duas novas frentes: uma para a parcela “digitalizada” da indústria e outra para a “tradicional”. Ao final, a MIP resulta em uma estrutura que discrimina explicitamente as transações de consumo intermediário e o valor adicionado entre os segmentos de indústrias tradicionais, industrialização digital e digitalização industrial (Zhang, Tianyu; Li, 2023).

Em uma linha metodológica complementar, Duc *et al.* (2024) desenvolveram um indicador de digitalização fundamentado em matrizes insumo-produto do Vietnã para os anos de 2007, 2012, 2016 e 2019. O indicador decompõe-se em duas partes: a economia digital central (Setores TIC) e a economia digitalizada. Em conformidade com os critérios da OCDE (2020a), o núcleo

digital compreende os setores de fabricação de computadores, eletrônicos e ópticos (Divisão 26), além de serviços de informação e telecomunicações (Divisões 58 a 63). Para a composição dessa base, os autores utilizaram dados da Organização Geral de Estatísticas do Vietnã (GSO) e da Organização das Nações Unidas para o Desenvolvimento Industrial (UNIDO). A economia digitalizada, por sua vez, foi estimada por meio do efeito de transbordamento digital, mensurado via modelo econométrico de regressão com efeitos aleatórios. Nesse modelo, a variável dependente é a taxa de crescimento do VA, enquanto a principal variável explicativa é a intensidade de uso de TIC, definida como a parcela dos insumos de TIC no consumo intermediário total de cada setor. O coeficiente extraído dessa relação captura a contribuição marginal das tecnologias para o crescimento setorial. Assim, a contribuição total da economia digitalizada ao PIB consiste na soma do valor adicionado do núcleo digital (setores TIC) com o efeito de transbordamento estimado para os demais setores da economia (Duc *et al.*, 2024).

Em uma abordagem análoga focada na ótica de insumo-produto, Li e Liao (2022) construíram um indicador de digitalização de insumos como variável explicativa de um modelo econométrico que associa esse índice à PTF verde com baixa emissão de carbono. Baseado nas MIPs de 2016 do *World Input-Output Database* (WIOD), o indicador é calculado por meio dos multiplicadores de produção da matriz de requisitos totais de Leontief de quatro indústrias digitais específicas: fabricação de produtos eletrônicos e ópticos (No. 17), produção de conteúdos audiovisuais (No. 38), telecomunicações (No. 39) e serviços de TI (No. 40), conforme a classificação industrial da WIOD. Esses multiplicadores capturam toda a série das múltiplas rodadas de efeitos diretos e indiretos na estrutura produtiva gerados pelas indústrias TIC. Dessa forma, Li e Liao (2022) os utilizaram como um índice do potencial das interdependências setoriais da economia digital.

Diversamente, Li, Han e Xu (2023) desenvolveram um índice de desenvolvimento para a economia digital, que adota como referência o *Digital Opportunity Index* (DOI) e o *ICT Development Index* (IDI) (ITU), e o *Network Readiness Index* (NRI) do Fórum Econômico Mundial (WEF). A mensuração foi construída para uma amostra de 75 países (2010-2019). São incorporados 11 indicadores sob três perspectivas: investimento em infraestrutura, ambiente de P&D e habilidades, e grau de aplicação. Para a infraestrutura, foram utilizados indicadores de quantidade de infraestrutura de rede; o número de usuários de telefone fixo; a velocidade internacional de banda larga; o fornecimento de energia; e a segurança do servidor de *internet*. O ambiente de P&D e habilidades foi avaliado pelo número de pedidos de patentes em

tecnologia da informação e redes de informação e pelas taxas de matrícula em escolas secundárias e terciárias. Já o nível de penetração da economia digital na sociedade e no desenvolvimento econômico foi dimensionado por indicadores como a taxa de uso da internet e as assinaturas de banda larga fixa e móvel. O método da entropia foi empregado para calcular os pesos de cada indicador, e a padronização por desvio foi utilizada para redução de dimensionalidade dos dados (Li; Han; Xu, 2023). Os Quadros 1 e 2 sintetizam os índices discutidos, entre modelos de contas nacionais e métricas de monitoramento e intensidade, respectivamente.

QUADRO 1 – Métricas baseadas em sistemas de contas nacionais

Autor	Modelo	Objetivo	Estratégia
OCDE (2020a)	<i>Digital Supply-Use Tables</i> (DSUTs) (países-membros do G20)	Mensurar o valor adicionado bruto (VAB) digital de forma integrada ao SCN	Classificação de transações por solicitação e/ou entrega digital; inclusão de setores de plataformas e produtos como <i>cloud computing</i> nas TRUs
Calvino <i>et al.</i> (2018)	Taxonomia de intensidade digital (12 economias da OCDE)	Classificar setores (SCN) industriais em níveis de maturidade tecnológica	Ponderação de cinco critérios: investimento em TIC, consumo de insumos tecnológicos, estoque de robôs, especialistas em TIC e faturamento online
Zhang e Li (2023)	MIP Inter-regional (Pequim, Tianjin e Hebei)	Estimar o VAB da industrialização digital e da digitalização industrial regional	Uso de coeficientes de divisão para parcelas digitais de setores-mãe e dados fiscais de despesas em TI para isolar segmentos digitalizados
Duc <i>et al.</i> (2024)	MIP e econometria de dados em painel (Vietnã)	Mensurar a contribuição da economia digital central e digitalizada ao PIB nacional	Soma do VAB dos setores centrais (TICs) e do efeito de transbordamento, medido pela intensidade de uso de insumos TIC (via regressão)
Li e Liao (2022)	MIP multirregional (WIOD)	Indexar o potencial de interdependência setorial da economia digital	Cálculo de multiplicadores de produção de Leontief para quatro indústrias digitais: eletrônicos, audiovisual, telecom. e serviços de TI

Fonte: Elaboração própria.

Apesar desses avanços para a mensuração da digitalização, a tarefa segue como um campo de pesquisa em constante evolução, que enfrenta desafios como a disponibilidade de dados detalhados e a imprecisão inerente à definição do que constitui atividade digital (OECD, 2020b).

QUADRO 2 – Métricas de monitoramento e intensidade

Autor	Métrica	Objetivo	Dimensões
ITU (2005)	<i>Core ICT indicators</i>	Fornecer múltiplos indicadores do desenvolvimento da sociedade da informação.	Acesso digital; Aplicações digitais; Habilidades digitais.
ITU (2025)	<i>ICT Development Index (IDI)</i>	Monitorar e comparar nível e evolução das TICs entre países ao longo do tempo.	Medida composta que sintetiza <i>Core ICT indicators</i> .
European Comission (2014)	<i>Digital Economy and Society Index (DESI)</i>	Avaliar o progresso digital dos países membros da UE.	Capital humano; conectividade; integração de tecnologia digital; serviços públicos digitais.
ITIF (2021)	<i>State New Economy Index</i>	Mensurar o grau de desenvolvimento da “Nova Economia” nos estados dos EUA.	Empregos do conhecimento; globalização; dinamismo econômico; economia digital; capacidade de inovação.
Anatel (2025)	Índice Brasileiro de Conectividade (IBC)	Medir o desenvolvimento da conectividade em municípios e unidades federativas do Brasil.	Densidade acessos; Cobertura populacional 4G/5G; Presença de <i>backhaul</i> de fibra ótica; Adensamento de ERBs; Competitividade; Área agrícola coberta 4G/5G.
Li, Han e Xu (2023)	Índice de Desenvolvimento da Economia Digital	Mensuração do desenvolvimento digital para 75 países (2010-2019).	Investimento em infraestrutura; Ambiente P&D e habilidades; grau de aplicação.
Eurostat (2015)	<i>Digital Intensity Index (DII)</i>	Mensurar o grau de digitalização das firmas na UE.	12 variáveis sobre uso de tecnologias digitais e comércio eletrônico.
Feng <i>et al.</i> (2022)	Índice de Digitalização	Estimar impacto do nível de digitalização na produtividade total dos fatores (PTF) nas províncias chinesas.	Industrialização digital (<i>hardware, software</i>); Digitalização industrial (aplicação prática: assinantes, <i>e-commerce, websites</i>).
Pan <i>et al.</i> (2022)	Índice de Desenvolvimento da Economia Digital)	Analisar efeitos da digitalização sobre a PTF nas províncias chinesas.	Infraestrutura (acesso, penetração <i>internet/móvel</i> , IPv4); escala industrial (P&D, força de trabalho P&D); transbordamento (VA indústria terciária).

Fonte: Elaboração própria.

A necessidade de adaptar as metodologias à natureza mutável da tecnologia e às particularidades de cada contexto nacional e setorial é um ponto recorrente (Barefoot *et al.*,

2018; Calvino *et al.*, 2018; Duc *et al.*, 2024). A diversidade das abordagens reflete a complexidade do fenômeno e o esforço por um arcabouço comum de mensuração, como as *Digital supply-use tables* da OECD (OECD, 2020b). Dessa forma, cada progresso no aprimoramento da comparabilidade e na compreensão sistêmica da economia digital é uma contribuição significativa ao arcabouço analítico do campo. A próxima seção complementa com uma discussão sobre o arcabouço político brasileiro em relação à digitalização.

2.3 Um panorama da digitalização na economia brasileira

A digitalização no Brasil tem avançado por meio de uma combinação entre a dinâmica do mercado e a implementação de políticas públicas. Apesar da persistência de desafios estruturais, o país apresenta desempenho positivo em nichos específicos. Para compreender esse cenário, este capítulo examina, brevemente, a trajetória institucional e regulatória do setor de TIC no Brasil e explora alguns indicadores sobre infraestrutura e o desempenho dessas atividades.

2.3.1 Políticas

A criação da Telebras em 1972 inaugurou uma fase de expansão na infraestrutura de telecomunicações brasileira, marcada por ganhos de eficiência e pelo crescimento da base de assinantes. Contudo, nas décadas que antecederam a privatização, o modelo estatal passou a enfrentar limitações de agilidade e impasses na política tarifária (BNDES, 2000). A desestatização do setor, ocorrida em 1998, tornou-se um marco para a inclusão digital de indústrias e consumidores (BNDES, 2000; Cardoso, 2000; OECD, 2022). Naquele período, a Telebras consolidava-se como o maior sistema de comunicações da periferia capitalista. Entretanto, a magnitude do sistema impediu que um único investidor o adquirisse integralmente, exigindo sua desagregação para a venda a conglomerados como Telefónica de España, Grupo Jereissati, Grupo Opportunity e diversos fundos de pensão. Esse processo foi acelerado pelo elevado endividamento em dólar das empresas do setor e pela 'onda' de privatizações que percorria a América Latina. Tal cenário impulsionou a internacionalização em países como Brasil, México e Chile, demandando alterações legislativas que viabilizassem o ingresso definitivo do capital estrangeiro nessas economias (Maringoni, 2010).

A Lei Geral de Telecomunicações (LGT), n.º 9.472, de 1997, foi a base dessa transformação. Essa legislação foi fundamental para marcar a transição do Estado de provedor direto de

serviços para regulador do setor, em um período de rápidas mudanças tecnológicas e proliferação de novos serviços que atuavam como catalisadores das transformações econômicas e das relações globais (Brasil, 1997), processo que culminou na criação da Agência Nacional de Telecomunicações (Anatel) e na reestruturação e privatização do sistema Telebras. A referida lei estimulou o influxo de capital privado, corrigiu distorções tarifárias e aumentou a concorrência das empresas do setor de telecomunicações. A LGT também evidenciou a necessidade de uma revisão da estrutura regulatória para assegurar que os benefícios das tecnologias sejam rapidamente difundidos na economia e sociedade, o que exige a articulação de políticas regulatórias entre entidades como o Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI), Anatel e o Conselho Administrativo de Desenvolvimento Econômico (CADE) (Sousa; Oliveira; Kubota, 2010).

Por outro lado, a Lei de Informática (Lei nº 8.248) surgiu em 1991 com o objetivo de fomentar a competitividade e a capacidade técnica das empresas nacionais de *hardware* e automação. Originalmente, o mecanismo concedia redução do Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI) às firmas que cumprissem o Processo Produtivo Básico¹¹ (PPB) e investissem anualmente 5% de seu faturamento bruto em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) (Brasil, 1991). Apesar de atualizações promovidas pelas Leis nº 10.176, de 2001 e nº 11.077 de 2004 (Brasil, 2001, 2004), esse modelo de isenção tributária foi alvo de questionamentos na Organização Mundial do Comércio (OMC) por seu caráter protecionista, fato que demandou uma reformulação do marco legal, ainda que a norma tenha estimulado a instalação de empresas estrangeiras no Brasil mediante contrapartidas de investimento em P&D (Kubota, Domingues e Milani, 2010). A adequação às regras internacionais ocorreu com a sanção da Lei nº 13.969, de 26 de dezembro de 2019, conhecida como Nova Lei de TICs (Brasil, 2019b). Esta norma alterou a lógica de fomento e instituiu um sistema de créditos financeiros calculados com base no dispêndio efetivo em Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I) e no cumprimento do PPB. Tais créditos, cuja vigência até 2029 já estava prevista nesta lei original, permitem a compensação de débitos de tributos federais ou o ressarcimento em espécie. Assim, o sistema passou a funcionar como um mecanismo de incentivo direto à inovação (Brasil, 2019b).

Posteriormente, a Lei nº 14.968/2024 modernizou e fortaleceu esse arcabouço, em consonância com a Missão 4 da Nova Indústria Brasil (NIB), que é focada na transformação digital do parque

¹¹ O Processo Produtivo Básico (PPB) é delineado e estabelecido por meio de um ato conjunto do Ministério da Economia e do Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (Brasil, 2024).

produtivo para ampliar a produtividade (Brasil, 2024b, 2025b). A medida busca a integração da cadeia de TICs a elos de maior complexidade tecnológica (como *design*, fabricação, encapsulamento e teste de *chips*) por meio do Programa de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico da Indústria de Semicondutores (Novo Padis) (Brasil, 2024b, 2025b). O Plano de Ação para a Neointustrialização (2024-2026) da NIB e a legislação atualizada recalibraram os multiplicadores do crédito financeiro para bonificar os investimentos em tecnologias desenvolvidas no país (Brasil, 2024b, 2025b). Além disso, manteve-se o diferencial regional como vetor de redução de desigualdades, ao garantir multiplicadores e tetos de incentivo superiores para empresas instaladas nas regiões Centro-Oeste e nas áreas de influência da Sudam (Norte) e da Sudene (Nordeste) (Brasil, 2024b, 2025b).

Quanto à universalização e à inclusão digital, o governo brasileiro tem tratado este tema por meio de políticas que visam garantir acesso mais equitativo às TICs. Os elevados níveis de preços dos serviços de telecomunicações no Brasil, a exemplo da banda larga, constituem barreiras estruturais à universalização e à inclusão digital. Além disso, a difusão da banda larga resultou em uma "segregação digital" entre aqueles com e sem acesso devido à diferença de conhecimento, infraestrutura ou capacidade econômica (Sousa; Oliveira; Kubota, 2010). A Anatel, por meio do Plano Estrutural de Redes de Telecomunicações (PERT) 2023, por exemplo, propõe projetos para expandir o acesso à banda larga, iniciativa que impulsiona os serviços ofertados por provedores de diferentes portes e busca a interoperabilidade entre redes sem fio em áreas rurais e remotas. O plano propõe a ampliação da rede de transporte de alta capacidade, tanto em fibra óptica quanto por rádio ou satélite; a expansão da cobertura do Serviço Móvel Pessoal (SMP), com tecnologias 3G ou superior em distritos não-sede, áreas rurais e estradas, e a melhoria das redes de acesso de alta velocidade em municípios já atendidos por fibra óptica, mas com baixa velocidade média, além da implantação de redes públicas (Anatel, 2023).

Outra política de interesse à universalização e inclusão digital é o Marco Civil da *Internet* (Lei nº 12.965/2014), que estabeleceu princípios, garantias, direitos e deveres para o uso da *internet* no Brasil. A legislação é um marco para a proteção dos direitos dos usuários e para a promoção de um ambiente digital mais seguro e democrático. Os principais fundamentos incluem o respeito à liberdade de expressão, a proteção da privacidade e dos dados pessoais, além da neutralidade da rede, que garante tratamento igualitário entre os usuários. A neutralidade de rede, que se refere à inexistência de qualquer filtro em relação à fluidez da informação.

Sob esse marco legal, o acesso à rede consolida-se como um direito, assegurado pela inviolabilidade da intimidade, pelo sigilo das comunicações e pela manutenção da qualidade da conexão, parâmetros que também balizam as responsabilidades impostas aos provedores de serviços. A coleta, uso e armazenamento de dados devem ser feitos de forma transparente e com o consentimento explícito do usuário, que também possui o direito de solicitar a exclusão de seus dados pessoais ao final de uma relação contratual (Brasil, 2014b). Essas discussões sobre universalização e inclusão digital também se conectam com iniciativas como o Programa Nacional de Banda Larga (PNBL) de 2010, que visava apoiar políticas públicas de conexão à *internet* em banda larga para universidades, centros de pesquisa, escolas, hospitais, postos de atendimento, telecentros comunitários e outros pontos de interesse público e que contava com um plano de ação para conteúdos e serviços digitais (Sousa; Oliveira; Kubota, 2010).

Estas e outras iniciativas integram a Estratégia Brasileira para a Transformação Digital (E-Digital), instituída em 2018 sob a coordenação do Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC) (Brasil, 2018a). A estratégia é estruturada em eixos temáticos habilitadores, a E-Digital articula esforços para superar os desafios da digitalização no país. No Eixo A, voltado à infraestrutura, o objetivo é expandir o acesso à banda larga (fibra óptica, 3G/4G e satélite) para áreas remotas e distritos não-sede, além de incentivar a adoção de tecnologias como o 5G e pontos de troca de tráfego (IXP, do inglês *Internet Exchange Point*), com o PERT da Anatel como instrumento de execução regulatória. Simultaneamente, o Eixo B visa estimular o desenvolvimento de novas tecnologias mediante a ampliação da produção científica e a formação de capital humano em áreas de fronteira, como IA e *Big Data* (Brasil, 2018c). Tais diretrizes de fomento à inovação e ao aumento do investimento privado em PD&I alinham-se diretamente à reformulação da Lei de Informática (Lei nº 13.969/2019), que modernizou os incentivos fiscais para fortalecer a competitividade e a capacidade técnica do setor produtivo. Além disso, a E-Digital estabeleceu as premissas para a *Internet* das Coisas (IoT, do inglês *Internet of Things*), iniciativa que, posteriormente, se consolidou no Plano Nacional de IoT (Decreto nº 9.854, de 25 de junho de 2019) (Brasil, 2019a).

O Plano Nacional de IoT se fundamenta na livre concorrência e na livre circulação de dados, de acordo com as diretrizes de segurança da informação e de proteção de dados pessoais. Os objetivos incluíam melhorar a qualidade de vida, capacitar profissionais e aumentar a produtividade das empresas de IoT, bem como estabelecer parcerias entre os setores público e privado e integrar o Brasil no cenário internacional. A colaboração entre setores público e

privado é vista como um caminho adequado para o desenvolvimento tecnológico no Brasil, pois permite unir competências e absorção de conhecimento já produzidos no exterior, para reduzir custos e tempo de aprendizado. Para facilitar a execução, foram definidos projetos mobilizadores, como plataformas de inovação e centros de competência em IoT. A Câmara de Gestão e Acompanhamento do Desenvolvimento de Sistemas de Comunicação Máquina a Máquina e IoT será responsável por monitorar e avaliar as iniciativas do plano (Brasil, 2019a). Mais recentemente, a Lei n.º 14.475, de 2022, também favorece o desenvolvimento da IoT no Brasil. A lei cria a Política Nacional de Incentivo à Agricultura e Pecuária de Precisão, que visa beneficiar a introdução de tecnologias de IoT no campo (Brasil, 2022c).

Integrado ao ecossistema de incentivos às TICs, o Programa de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico da Indústria de Semicondutores (Padis), instituído pela Lei nº 11.484, em maio de 2007, constitui o instrumento central para o adensamento de elos de alta complexidade tecnológica (Brasil, 2007). Com a atualização do Decreto nº 11.456/2023, o governo federal consolidou o termo “Novo Padis”, que expandiu o escopo do programa para incluir o setor de energia fotovoltaica, além do *design*, fabricação e encapsulamento de componentes microeletrônicos e *displays* (Brasil, 2023a). Sob esta nova regulamentação, o programa opera por meio de créditos financeiros calculados sobre os dispêndios trimestrais em Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I). Em contrapartida aos benefícios fiscais sobre tributos federais, as empresas beneficiárias devem realizar um investimento anual mínimo de 5% do seu faturamento bruto em PD&I no País, com a possibilidade de destinar até 30% desses recursos para a infraestrutura física de laboratórios próprios ou de instituições de pesquisa (Brasil, 2023a).

Complementarmente, a Política Nova Indústria Brasil (NIB), instituída em 2024, expandiu o arcabouço de fomento às TICs ao articular instrumentos industriais em missões orientadas por desafios (Brasil, 2025). Sua governança fundamenta-se em resoluções do Conselho Nacional de Desenvolvimento Industrial¹² (CNDI), que estabelecem as diretrizes para a aplicação de incentivos fiscais vigentes (*e.g.* Nova lei de TICs e o novo Padis) em conjunto com os mecanismos de financiamento do Plano Mais Produção¹³ e os instrumentos de compras públicas previstos na Nova Lei de Licitações (14.133/2021). No campo da digitalização, a

¹² Órgão restabelecido pelo Decreto nº 11.411/2023.

¹³ Resolução CNDI nº 1/2023.

Missão 4 da NIB objetiva elevar a produtividade de 25% das empresas industriais brasileiras¹⁴ até 2026, e 50% até 2033, por meio da adoção de tecnologias da Indústria 4.0 e da manufatura inteligente¹⁵ (Brasil, 2025). Esta meta visa o adensamento de cadeias produtivas estratégicas, com foco na soberania nacional em segmentos como semicondutores, robótica avançada e computação em nuvem (Brasil, 2025). Para viabilizar esses objetivos, o BNDES direcionou recursos via Programa BNDES Mais Inovação. Nesse contexto, entre outubro de 2023 e setembro de 2025, cerca de 40% das aprovações totais dessa linha de crédito contemplaram especificamente a Missão 4 da NIB (Transformação Digital) (BNDES, 2026).

Ademais, a criação e a manutenção de fundos setoriais têm promovido o desenvolvimento das telecomunicações no Brasil ao longo do tempo. Esses instrumentos atuam com o objetivo de corrigir falhas de mercado e impulsionar o desenvolvimento tecnológico no setor. O Fundo de Universalização dos Serviços de Telecomunicações (Fust) concentra-se na democratização do acesso a redes; o Fundo para o Desenvolvimento Tecnológico das Telecomunicações (Funttel) tem como objetivo estimular a inovação tecnológica industrial; enquanto o Fundo de Desenvolvimento Técnico-Científico (Funtec) tem como foco a formação de capital humano científico.

Especificamente, o Fundo de Universalização dos Serviços de Telecomunicações (Fust), instituído pela Lei nº 9.998, de 17 de agosto de 2000, e regulamentado pelo Decreto nº 11.004, de 21 de março de 2022, tem por finalidade estimular a expansão, o uso e a melhoria da qualidade das redes e dos serviços de telecomunicações, além de reduzir as desigualdades regionais (Brasil, 2022a, 2000a). Originalmente concebido como um fundo especial de natureza contábil, o Fust (2000) era financiado majoritariamente pela contribuição de 1% sobre a receita operacional bruta das prestadoras de serviços. Sua estrutura de governança atribuía ao Ministério das Comunicações a competência para formular as políticas e diretrizes de aplicação, enquanto à Agência Nacional de Telecomunicações (Anatel) cabia a responsabilidade pela implementação e fiscalização dos projetos. Contudo, a efetividade do Fust enfrentou graves limitações em seu propósito inicial de universalização. Sua execução foi comprometida devido à obsolescência do foco em telefonia fixa e à arquitetura contábil, o que permitiu a desvinculação de grande parte de seus recursos (Alves, Carlos Eduardo Azen; Lima; Madeira,

¹⁴ Foco em Micro, Pequenas e Médias Empresas (MPMEs) de regiões industriais maduras (Brasil, 2025).

¹⁵ IA generativa; robótica avançada; IoT; computação em nuvem; segurança cibernética; rede móvel 6G; *etc.*

2018; Charlita De Freitas; De Moura Filho; Euler de Moraes, 2021). Essa ineficiência gerou um acúmulo de capital sem a devida aplicação no adensamento da infraestrutura digital brasileira.

Como resposta a esse cenário, a implantação da Lei nº 14.109, em 2020, definiu o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) e a Financiadora de Estudos e Projetos (Finep) como os aplicadores de recursos e agentes das operações do Fust (Brasil, 2020c). E posteriormente, o Decreto nº 11.004 (2022) modernizou a regulamentação do Fust com uma reorientação dos objetivos estratégicos de estímulo à expansão e à melhoria da qualidade das redes, com foco na conectividade em banda larga (Brasil, 2022a). Após o decreto, a aplicação dos recursos ocorre nas modalidades de (i) apoio não reembolsável, (ii) apoio reembolsável e (iii) garantia. O apoio não reembolsável (i), limitado a 50% das receitas no exercício, deve priorizar a redução de desigualdades regionais e sociais. Os recursos reembolsáveis (ii), por sua vez, não impactam o resultado primário do governo, vantagem que já havia sido apontada por Alves, Lima e Madeira (2018). Além disso, permitem a alocação de altos volumes de crédito tanto para projetos de investimento em banda larga em áreas prioritárias (escolas e unidades de saúde), como para a ampliação de redes de transporte (*backhaul*) em fibra óptica, quanto para o fortalecimento da infraestrutura digital crítica, como os *Data Centers* (Alves, Carlos Eduardo Azen; Lima; Madeira, 2018; Brasil, 2022a).

Essa infraestrutura transcendeu a função original de armazenamento de dados para se consolidar como o suporte computacional da economia digital. Ela atua como base operacional para tecnologias emergentes, uma vez que viabiliza, em larga escala, o processamento massivo de dados, a baixa latência¹⁶ e a conectividade ubíqua¹⁷. Dentre os objetivos estratégicos da linha específica de investimentos em *data centers*, lançada em 2024 pelo BNDES (Brasil, 2024a), destacam-se a atração de investimentos em IA, o estímulo à infraestrutura de 5G e IoT, e o fomento à cadeia local de equipamentos, como estímulo à soberania de dados e à competitividade tecnológica nacional. Por fim, a modalidade de garantia (iii) permite que o Fust atue como avalista em operações de crédito, com o papel de mitigar riscos para os agentes financeiros e reduzir o custo de capital para os investidores, o que facilita o acesso ao financiamento para a expansão da infraestrutura (Brasil, 2022a).

¹⁶ intervalo de tempo entre o envio de um comando e a execução da resposta correspondente

¹⁷ capacidade de manter dispositivos e sistemas permanentemente conectados, de forma transparente e estável, independentemente da localização geográfica ou do deslocamento do usuário.

Por outro lado, o Fundo para o Desenvolvimento Tecnológico das Telecomunicações (Funttel), criado em 2000, pela Lei nº 10.052, tem um enfoque mais direcionado à inovação e à competitividade da indústria brasileira de telecomunicações (Brasil, 2000b). O Funttel busca estimular a P&D, incentivar a capacitação de recursos humanos e fomentar o acesso de pequenas e médias empresas a capital. Administrado por um Conselho Gestor, tem como agentes financeiros a Finep e o BNDES, que concedem financiamento a empresas para apoiar a inovação. Os recursos provêm principalmente de contribuições de 0,5% sobre a receita bruta das prestadoras de serviços de telecomunicações. A aplicação é semelhante ao Fust, ocorre via apoio não reembolsável para projetos de P&D, e via recursos reembolsáveis. O financiamento reembolsável exige que parte do valor seja utilizado na aquisição de produtos, serviços e soluções tecnológicas desenvolvidas no país, como um elo entre a oferta de P&D e a demanda produtiva. A captação de recursos segue uma taxa referencial, o que permite o financiamento de projetos com menores juros, compatíveis com o risco inerente ao ciclo de inovação. Além disso, o Funttel também é legalmente obrigado a transferir recursos para preservar a capacidade de P&D da Fundação CPqD (Brasil, 2018b).

Entretanto, a operacionalização do Funttel passou por diversas mudanças ao longo do tempo. Embora previsto como agente financeiro desde a criação do Fundo, o BNDES iniciou a captação efetiva de recursos do Funttel apenas em 2018, marco que ampliou a capilaridade do crédito para inovação no setor. Essa mudança foi impulsionada pela publicação do Decreto nº 9.612/2018 (Política Pública de Telecomunicações), que reorientou a aplicação dos recursos: o foco, antes concentrado estritamente no fomento industrial, passou a priorizar também o desenvolvimento de soluções tecnológicas aplicáveis a políticas públicas de conectividade, como *Internet das Coisas* (IoT) e Cidades Inteligentes. Mais recentemente, a criação de linhas como o Finame Funttel buscou simplificar o acesso a esses recursos para a aquisição de equipamentos com tecnologia nacional (Brasil, 2018b).

Cabe destacar o papel precursor do Fundo de Desenvolvimento Técnico-Científico (Funtec). Embora implantado em sua forma mais elaborada em 1964, o fundo foi o resultado de uma evolução institucional iniciada ainda em 1958, com a criação da Cota de Educação e Treinamento Técnico pelo BNDE (BNDE, 1964; Oliveira, José Clemente; Cardoso, 1968). Essa trajetória reflete o amadurecimento da compreensão do Banco sobre o desenvolvimento: o entendimento de que o capital físico isolado era insuficiente sem o suporte do capital intelectual. O propósito central do Funtec era organizar o acesso à tecnologia universal de vanguarda e

adequá-la ao contexto nacional, como uma ponte estratégica entre a atividade econômica prática e a universidade (BNDE, 1964). Nessa concepção, o conhecimento técnico-científico passou a ser tratado não apenas como um acessório acadêmico, mas como parte operacional da própria função de produção, um elemento aglutinador indispensável para viabilizar a indústria de base (Oliveira, José Clemente; Cardoso, 1968).

Em termos operacionais, o Funtec inovou ao criar mecanismos flexíveis de fomento que se diferenciavam dos financiamentos bancários tradicionais. O Fundo atuava primordialmente na formação de capital humano de alto nível, apoiando a criação e a expansão de cursos de pós-graduação (mestrado e doutorado) em áreas estratégicas, como as engenharias elétrica e eletrônica. O apoio era concedido mediante modalidades híbridas, que incluíam desde a complementação salarial para fixação de docentes em tempo integral até a aquisição de equipamentos importados e a concessão de bolsas (BNDE, 1964). No setor de telecomunicações, essa atuação foi o início do desenvolvimento tecnológico nacional, ações históricas incluem o suporte a pesquisas fundamentais e contratos pioneiros, como o firmado com o Centro Estadual de Telecomunicações em 1966, que ajudaram a formar a massa crítica de engenheiros e pesquisadores que sustentaria a modernização do setor nas décadas seguintes (Oliveira e Cardoso, 1968).

Ao longo das décadas seguintes, a atuação do Funtec transcendeu a formação acadêmica inicial para viabilizar setores inteiros da indústria nacional. Entre os anos 1970 e 1990, o fundo foi instrumental no apoio a projetos de alta complexidade, sendo decisivo, por exemplo, para a consolidação da indústria aeronáutica brasileira e para avanços em tecnologias de energia (Lima, 2012). Todavia, foi a partir da reestruturação operada em meados dos anos 2000 que o fundo redirecionou seu escopo ao financiamento de inovações de alto impacto. Nesse período, consolidou-se a exigência de cooperação entre instituições de TIC e empresas parceiras, modelo desenhado para garantir que a pesquisa não ficasse restrita aos laboratórios, mas resultasse em aplicações de mercado (Lima, 2012). Essa fase intermediária foi marcada pelo apoio a tecnologias de sustentabilidade, como o desenvolvimento do etanol de segunda geração e a energia eólica.

As diretrizes estratégicas do Sistema BNDES para o período 2026-2030 reafirmam o papel do Funtec na política de reindustrialização e transformação ecológica. O fundo destina recursos não reembolsáveis a projetos de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) executados em parceria

entre institutos de TIC e empresas. Por meio dessa cooperação obrigatória, o Banco mitiga o risco tecnológico e promove a aplicação prática do conhecimento acadêmico no setor produtivo, de modo a acelerar a inovação orientada a missões. Sob esta governança, o apoio prioriza fronteiras tecnológicas como a transição energética, o complexo industrial da saúde e a transformação digital (BNDES, 2026).

Por fim, o Fundo de Fiscalização das Telecomunicações (Fistel), instituído pela Lei nº 5.070, de 7 de julho de 1966, constitui um fundo de natureza contábil destinado a prover recursos para cobrir despesas do Governo Federal na execução da fiscalização de serviços de telecomunicações, bem como para o aperfeiçoamento da técnica necessária a essa atividade (Brasil, 1966). Embora sua incidência recaia especificamente sobre o setor de telecomunicações, o fundo desempenha papel relevante no fomento ao setor de TIC, uma vez que provê recursos para outros fundos de desenvolvimento tecnológico (Fust e Funttel) e, mais recentemente, integra políticas de desoneração de taxas para dispositivos de *Internet* das Coisas (IoT) (Brasil, 2020b, 2021, 2025b). A partir da promulgação da Lei Geral de Telecomunicações (Lei nº 9.472/1997), a administração do Fistel passou à competência exclusiva da Agência Nacional de Telecomunicações (Anatel) (Brasil, 1997).

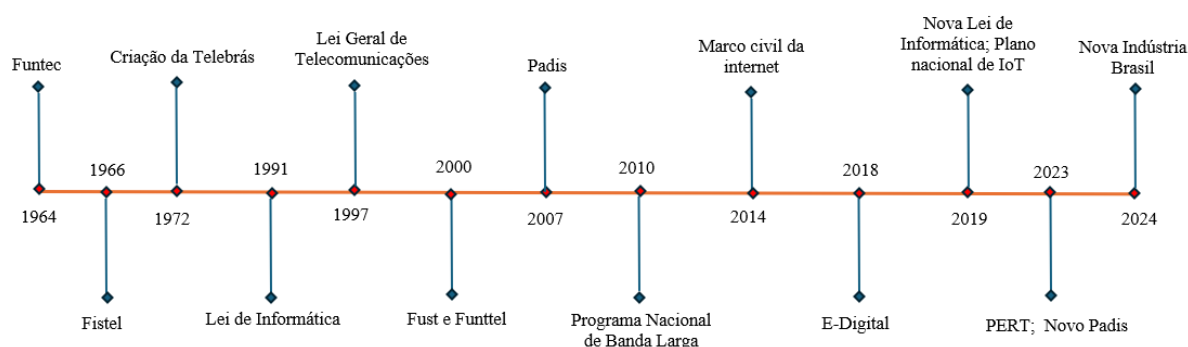
As principais fontes de receita do fundo compreendem as taxas de fiscalização, além de valores oriundos de outorgas, multas e indenizações. A estrutura tributária do Fistel baseia-se em duas exações principais: a Taxa de Fiscalização de Instalação (TFI), devida pelas concessionárias, permissionárias e autorizadas no momento da emissão da licença de funcionamento das estações; e a Taxa de Fiscalização de Funcionamento (TFF), de caráter anual, cobrada pela fiscalização contínua das estações em operação. A legislação determina que o não pagamento da TFF em prazos específicos pode acarretar a caducidade da concessão ou permissão (Brasil, 1966, 1997).

O Fistel passou por algumas modificações ao longo de sua vigência. Inicialmente focado no custeio da fiscalização, o fundo passou a financiar a universalização e o desenvolvimento tecnológico. A Lei nº 9.998/2000 estabeleceu a transferência de parte dos recursos do Fistel para o Fust, limitado a um teto anual (Brasil, 2000a). No mesmo ano, a Lei nº 10.052/2000 determinou o uso de recursos do Fistel para constituir o patrimônio inicial do Funttel (Brasil, 2000b). Em 2011, a Lei nº 12.485 alterou a base de cálculo da TFF, ao reduzir seu valor de 50% para 33% do montante fixado para a TFI (Brasil, 2011).

No cenário fiscal e tecnológico mais recente, o Fistel tornou-se objeto de medidas de desvinculação de receitas e de incentivo à inovação. A Emenda Constitucional nº 93/2016 impactou a disponibilidade financeira do fundo ao permitir a Desvinculação de Receitas da União (DRU) sobre 30% da arrecadação das taxas de fiscalização (Brasil, 2016). Em contrapartida, para estimular a transformação digital, a Lei nº 14.173/2021 isentou as taxas TFI e TFF para estações que integram sistemas de comunicação máquina a máquina (M2M) e *Internet das Coisas* (IoT) (Brasil, 2021). Essa política de incentivo recebeu prorrogação pela Lei nº 15.320/2025, que estendeu a isenção tributária até dezembro de 2030 e ampliou o benefício para estações satelitais de pequeno porte (Brasil, 2025a).

No entanto, a gestão dos recursos do Fistel apresenta desafios estruturais relacionados à falta de proporcionalidade jurídica e econômica entre a alta arrecadação das taxas e os custos operacionais efetivos da atividade fiscalizatória estatal (Moreira; Estanislau, 2018). Dados setoriais indicam que, de todo o montante arrecadado pelos fundos setoriais de telecomunicações (Fistel, Fust, Funttel e outros) entre 2000 e 2021, menos de 9% retornou em forma de benefícios diretos ou reinvestimentos na infraestrutura do setor (Conexis, 2022). Mesmo diante de um aumento pontual na aplicação dos recursos, o padrão de restrição orçamentária prevaleceu no exercício de 2023 para o Fistel, em que apenas 28% do total arrecadado foi efetivamente executado em sua finalidade original, com o restante retido pelo Tesouro Nacional (Conexis, 2024). A Figura 1 apresenta uma linha do tempo das políticas de incentivo às TICs no Brasil.

FIGURA 1 – Políticas ao setor TIC no Brasil



Fonte: Elaboração própria

2.3.2 Setores de tecnologia de informação e comunicação (TIC)

Para compreender a maturidade tecnológica nacional, esta seção aborda brevemente diversos aspectos e indicadores estruturais do setor de Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) no Brasil. O panorama geral demonstra que a infraestrutura nacional exibe semelhanças com outras economias da América do Sul, mas evidencia um distanciamento em relação à média dos países da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) em alguns indicadores. No segmento de conectividade fixa, por exemplo, a penetração da banda larga no Brasil, medida pelo número de assinaturas de *internet* por cabo ou fibra por cada 100 habitantes, foi de 15,5% em 2019 (OECD, 2020c). Taxa próxima de países como Chile (18%), México (15%) e Colômbia (13,8%), mas distante da média da OCDE (31,4%) no mesmo ano (OECD, 2020c).

Já a proporção de conexões em fibra ótica em relação ao total de acessos de banda larga fixa no Brasil era de 24%, nível superior ao México (22%) e Colômbia (14%), mas ainda abaixo da média da OCDE (27%) e distante de países líderes como Coreia do Sul, Japão e Lituânia, onde o índice superava os 70% (valores de 2019) (OECD, 2020c). Entretanto, esse cenário evoluiu rapidamente até 2022, em que essa proporção evoluiu para 70% dos acessos totais de banda larga fixa no país (Anatel, 2023b). Essa expansão da infraestrutura reflete diretamente no consumo final. Em 2024, 92% das empresas brasileiras com acesso à *internet* já utilizavam a fibra ótica (CGI Brasil, 2025b), ao passo que, no segmento residencial, 65% dos domicílios conectados acessavam a rede por meio de cabo ou fibra no mesmo ano (CGI Brasil, 2025a).

Todavia, a velocidade média de *download*, medida pela (M-Lab, 2024), era de apenas 92,83 Mbps no Brasil, que ocupou a 47ª posição entre 229 países comparados. Essa qualidade inferior ocorre devido a gargalos estruturais de oferta, como a deficiência nas redes de transporte de longa distância (*backhaul*¹⁸ e *backbone*). Em 2025, cerca de 83,4% dos municípios brasileiros contavam com *backhaul* de fibra ótica (Anatel, 2026). Por outro lado, as regiões que ainda não dispõem dessa infraestrutura dependem de tecnologias de menor capacidade (como o rádio,

¹⁸ O *backhaul* (rede de transporte ou enlace de interligação) compõe a porção intermediária de uma rede de telecomunicações. Sua função é escoar o tráfego de dados agregado nas extremidades da rede (onde ocorre a conexão com o usuário final) para o *backbone* (núcleo da rede). Essa infraestrutura pode ser implementada fisicamente por meio de fibra ótica, enlaces de rádio (micro-ondas) ou conexões via satélite.

para conectar a rede local à *internet*). Essas alternativas, no entanto, apresentam altos índices de latência¹⁹ e instabilidade.

Além do déficit nas redes de longa distância, a expansão da conectividade enfrenta entraves regulatórios locais, *e.g.*, a complexidade burocrática para a instalação de infraestrutura física terrestre em áreas municipais. Como o uso do solo e o zoneamento urbano são prerrogativas exclusivas de cada município (Brasil, 1988), as operadoras precisam lidar com legislações distintas em cada cidade para instalar torres de celular (sob as diretrizes da Lei das Antenas (Brasil, 2015)) ou para obter direitos de passagem nas vias públicas, seja para cavar dutos subterrâneos ou para fixar cabos em postes de energia. Assim, esse cenário afasta investidores e atrasa a chegada de cabos de fibra ótica e de sinal móvel (4G e 5G) a diversas regiões (OECD, 2020c).

Em resposta a esses obstáculos, o governo federal implementou um sistema de aprovação tácita, também conhecido como silêncio administrativo positivo. O Decreto nº 10.480, de 2020, estabeleceu a liberação automática para o direito de passagem de cabos e de dutos (Brasil, 2020a), ao passo que a Lei nº 14.424, de 2022, garantiu a mesma regra para a instalação física de antenas (Brasil, 2022b). Com essas medidas, caso o município não responda à solicitação da operadora no prazo máximo de sessenta dias, a execução da obra fica automaticamente autorizada. Apesar disso, como o uso do solo se mantém como uma regra exclusiva das prefeituras por força da Constituição de 1988, as operadoras de telecomunicações ainda precisam lidar com legislações distintas de cidade em cidade.

A *internet* via satélite, como as tecnologias de órbita terrestre baixa (LEO, do inglês *Low Earth Orbit*), se apresenta como uma alternativa para conectar áreas rurais e remotas com velocidades de até 500 Mbps, mas esbarra em elevados custos que restringem a sua adoção em larga escala²⁰ (Anatel, 2023b). Esse obstáculo, contudo, não se restringe às tecnologias LEO, historicamente os serviços de telecomunicações no Brasil possuem preços elevados. Em 2019, uma cesta de uso médio de banda larga fixa custava 56,10 dólares americanos (USD) em paridade de poder de compra (PPP) no país, valor quase duas vezes maior que a média da OCDE à época (OECD,

¹⁹ A latência, medida em milissegundos (ms), é o tempo de resposta da rede, *i.e.*, o intervalo de tempo necessário para que uma informação ou comando saia de um dispositivo, chegue ao seu destino e retorne.

²⁰ Valores de referência praticados no mercado brasileiro em 2022 e 2023, período em que o custo de aquisição do equipamento (antena e roteador) girava em torno de R\$ 2.000, somado a mensalidades a partir de R\$ 230 (Anatel, 2023b).

2020c). Contudo, dados de 2022 demonstram uma redução nesse custo, com a mediana do preço da cesta de banda larga fixa no Brasil em queda para USD PPP 39,5, o que se aproximou a mediana de países de renda média-alta (USD PPP 39,4) e posicionou o país abaixo da média mundial (USD PPP 42,4) (CGI.br, 2023).

Em contrapartida, o acesso geral à rede tem alcance expressivo. Ainda em 2024, 83% dos domicílios brasileiros possuíam acesso à *internet* (CGI Brasil, 2025a). Esse cenário é impulsionado sobretudo pelas redes móveis, que são mais difundidas do que as conexões fixas. Em 2019, o país registrou 89,5 assinaturas de banda larga móvel por 100 habitantes (OECD, 2020a). Em termos de cobertura territorial, em 2018 o sinal 4G alcançava 96,7% da população (enquanto o 3G atingia 99,8%) (OECD, 2020a). Apesar dessa ampla disponibilidade de sinal, o consumo médio mensal de dados móveis no Brasil foi de 1,25 *gigabytes* (GB) no mesmo ano, volume inferior à média da OCDE (4,65 GB) e de pares regionais, como México (2,11 GB) e Colômbia (1,62 GB) (OECD, 2020d).

Como resposta à crescente demanda por tráfego de dados e à necessidade de modernização da infraestrutura, observa-se uma transição acelerada para a quinta geração de redes móveis (5G) no Brasil. A meta do Plano Estratégico 2023-2027 da Anatel, que era de cobrir 57,67% dos municípios brasileiros até 2027, foi superada pelo nível de 68,39% em 2025 (Anatel, 2026). Além disso, o cronograma original do leilão do 5G realizado em 2021 (Anatel, 2021), estimava a chegada do sinal a 1.469 cidades até 2026, mas o Ministério das Comunicações projeta que a rede alcançará 2.220 municípios até o fim do referido ano, expansão que garante a cobertura para cerca de 80% da população do país (Brasil, 2026).

Sobre a adoção da *Internet das Coisas*²¹ (IoT, do inglês *Internet of Things*), o número de conexões máquina a máquina (M2M) no Brasil cresceu aproximadamente 120% entre 2014 e 2019 (OECD, 2020a). Esse ciclo coincide com a vigência do Decreto nº 8.234 (Brasil, 2014a), que regulamentou a Lei nº 12.715 (Brasil, 2012), e reduziu as taxas de fiscalização do Fundo de Fiscalização das Telecomunicações (Fistel) para terminais M2M. Essa estrutura normativa permaneceu ativa até 2019, quando o Decreto nº 9.854 (Brasil, 2019a) revogou a regulação anterior para instituir o Plano Nacional de IoT. Apesar do salto quantitativo no período, a proporção de cartões SIM M2M para cada 100 habitantes no Brasil registrou a marca de 10,6

²¹ O conceito de IoT é definido como a interligação de objetos físicos à rede por meio de sensores, a exemplo de medidores de energia, relógios inteligentes e maquinários industriais.

naquele mesmo ano, volume inferior à metade da média observada nos países da OCDE (22 cartões) no mesmo recorte temporal (OECD, 2020c).

A carência de uma conectividade ubíqua e de alta qualidade no território nacional restringe a difusão de ferramentas da Indústria 4.0, como a IoT, a inteligência artificial e a automação avançada (BNDES, 2026; Kubota, 2024). Esse gargalo, por sua vez, impede o desenvolvimento tecnológico sustentável e o crescimento econômico via aumentos de produtividade (Katz; Galperín; Callorda, 2022). Além disso, essa pressão sobre a infraestrutura física de redes de telecomunicações não advém apenas da defasagem na oferta ou de demandas industriais, mas de uma mudança profunda e acelerada nos hábitos de consumo digital da população brasileira.

O perfil de uso da *internet* migrou de atividades leves (como *e-mail* e outras plataformas de comunicação) para o consumo massivo de conteúdos audiovisuais, *e.g.*, em *streamings* e plataformas sociais. Em 2022, cerca de 80% dos usuários de *internet* no Brasil assistiram a vídeos, filmes ou séries *online*, e 74% ouviram música na rede (CGI.br, 2023). Essa mudança nas preferências privadas consolidou o modelo de *streaming* em detrimento do antigo hábito de *download*, padrão de consumo que exige conexões contínuas, de alta velocidade e com baixa latência.

Além das barreiras regulatórias municipais já mencionadas, outro gargalo para o crescimento das TICs no Brasil é a distribuição desigual da renda das famílias, que diminui o rendimento esperado dos investimentos das operadoras (Mendonça, Mário Jorge Cardoso de; Silva, 2018). Esse fator agrava o hiato no acesso à *internet* entre diferentes regiões. Em áreas menos densamente povoadas ou mais vulneráveis financeiramente, o custo de implementação da infraestrutura não encontra compensação na receita gerada, o que torna o investimento pouco atrativo para as operadoras (Alves, Carlos Eduardo Azen; Lima; Madeira, 2018; Brasil, 2018b). Desse modo, a universalização da *internet* de qualidade pelo país depende de políticas públicas e de financiamento subsidiado para transpor essa barreira. No entanto, mesmo com a ampliação dessas políticas de fomento (*e.g.*, o Fust do BNDES), até o ano de 2025, as redes de *backhaul* em fibra ótica cobriram cerca de 83,4% dos municípios brasileiros (Anatel, 2026), o que evidencia uma parcela considerável do território nacional desprovida desse serviço.

Ademais, historicamente, os serviços de telecomunicações no Brasil (como chamadas de voz, SMS e TV por assinatura) constituem uma fonte massiva de arrecadação tributária. Para fins de

comparação, com impostos e taxas que chegaram a representar 40,2% do preço pago pelo usuário (2018), o país apresentou a maior carga tributária sobre a banda larga fixa e a quarta maior sobre a telefonia móvel entre os principais mercados do mundo²² (Anatel, 2020). Esses índices são desproporcionalmente superiores às médias globais, que no mesmo ano orbitavam a faixa de 14,6% para a banda larga e 16% para os serviços móveis (Anatel, 2020). No entanto, com a mudança nos hábitos de consumo, aplicações *Over-The-Top*²³ (OTTs) passaram a substituir esses serviços. Essa migração provocou a estagnação das receitas das grandes operadoras de telecomunicações, com a consequente retração da base tradicional de arrecadação do governo (Anatel, 2023b).

Como essas aplicações OTT são classificadas como serviços de valor adicionado (SVA) no Brasil²⁴, elas permaneciam à margem da incidência tributária e do rigor regulatório intrínsecos ao setor de telecomunicações (OCDE, 2020). Esse cenário perdurou até a promulgação da Emenda Constitucional nº 132 (Brasil, 2023b), aprovada em 20 de dezembro de 2023 e com fase de transição iniciada em 2026. Essa reforma substituiu cinco tributos sobre o consumo (ICMS, ISS, IPI, PIS e Cofins) pelo modelo de imposto sobre o valor adicionado (IVA) dual. Esse sistema divide a arrecadação em duas frentes: a Contribuição sobre Bens e Serviços (CBS), de competência federal, e o Imposto sobre Bens e Serviços (IBS), aplicado nos âmbitos estadual e municipal (Brasil, 2023b). Com essa unificação, a reforma tributária mitiga a assimetria fiscal histórica e submete as plataformas OTTs e as operadoras de telecomunicações à mesma alíquota base de tributação.

Em contrapartida, o cenário internacional exhibe abordagens divergentes sobre o tema. A União Europeia se mostrou neutra em relação à cobrança justa (*fair share*) pelo uso da rede, que obrigaria as grandes provedoras de conteúdo e aplicações (CAPs, do inglês *Content and Application Providers*), responsáveis pelo tráfego massivo de dados, a financiar a expansão da infraestrutura de telecomunicações (EC, 2026). Já o Canadá implementou legislações mais

²² Em 2018, o Brasil ocupava a 6ª posição global em número absoluto de acessos, tanto no mercado de telefonia móvel quanto no de banda larga fixa. No segmento móvel, o país ficava atrás apenas de China, Índia, Estados Unidos, Indonésia e Rússia (Anatel, 2020).

²³ Aplicações *Over-The-Top* (OTT) caracterizam-se pela entrega de conteúdo, serviços ou aplicativos (*e.g.*, vídeo sob demanda, áudio e comunicação) diretamente pela *internet*. O termo alude ao fato de que esses serviços trafegam "por cima" da infraestrutura física de banda larga (provida pelos provedores de acesso e operadoras), *i.e.*, independem dos canais tradicionais de distribuição de mídia e telecomunicações.

²⁴ A definição e a separação jurídica entre os serviços de telecomunicações e os serviços de valor adicionado foram estabelecidas originalmente pela Lei Geral de Telecomunicações (LGT) (Brasil, 1997). Posteriormente, o Marco Civil da Internet (Brasil, 2014c) reforçou essa distinção.

agressivas, com a imposição de taxas de 15% sobre a receita das plataformas de *streaming* audiovisual com faturamento anual superior a 25 milhões de dólares locais (CRTC, 2026). Os Estados Unidos apresentam um panorama fragmentado: no âmbito federal, concedem-se expressivas desonerações fiscais às *big techs*, a exemplo da lei 119-21 (US, 2025), e de acordos multilaterais de isenção internacional (U.S. Treasury, 2026), ao passo que os governos estaduais, como o da Pensilvânia, avançam de forma isolada com tributos diretos sobre a publicidade digital (Pennsylvania, 2026).

Para além dessas assimetrias regulatórias e tributárias inerentes aos serviços de plataforma, a infraestrutura digital no Brasil se destaca positivamente em alguns indicadores. Em 2020 o país superou a média da OCDE na adoção do protocolo de *internet* IPv6²⁵ em todas as métricas disponíveis²⁶ (OECD, 2020c). Esse avanço gerou benefícios para o ecossistema da *internet* nacional, tais como: maior escalabilidade diante do crescimento do número de aparelhos e máquinas conectadas; suporte a criptografia de ponta a ponta para a segurança de diversas aplicações (como aquelas relacionadas à IoT industrial); e a mitigação de custos e gargalos associados ao esgotamento dos endereços IPv4. Ademais, em 2019 o Brasil possuía um número expressivo de infraestruturas físicas, com 34 pontos de troca de tráfego (IXPs, do inglês *Internet Exchange Points*) e 111 *data centers* (OECD, 2020a). Em paralelo a essa infraestrutura, no mesmo ano, o código de domínio de nível superior²⁷ *.br* era o sétimo mais popular globalmente, com mais de 120 subdomínios oferecidos (OECD, 2020c).

Paralelamente aos avanços na infraestrutura lógica de uso geral, o desenvolvimento tecnológico brasileiro apresenta resultados positivos na modernização do setor público. No Índice de Maturidade da Tecnologia Governamental (GTMI, do inglês *GovTech Maturity Index*) de 2022, elaborado pelo Banco Mundial, o Brasil posicionou-se como o segundo melhor do mundo, atrás apenas da Coreia do Sul (World Bank, 2022). Neste mesmo ano, o país também obteve marcas históricas ao alcançar a 14ª posição no índice de serviços *online* (OSI, do inglês *Online Service Index*) e a 11ª posição no índice de participação eletrônica (EPI, do inglês *E-Participation Index*) entre 193 países avaliados pela ONU (United Nations, 2022). O principal catalisador desse desempenho é a plataforma *Gov.br*. Instituída em 2019 com a proposta de atuar como

²⁵ Sexta versão do Protocolo de *Internet* (IP), um conjunto de regras que permite que dispositivos se comuniquem na *internet*. Foi criado pela *Internet Engineering Task Force* (IETF) para fornecer um espaço de endereçamento maior e outras melhorias em desempenho e segurança em relação ao protocolo anterior (IPv4).

²⁶ Métricas do Google, APNIC e Akamai.

²⁷ Designação específica na infraestrutura da *internet* que identifica o país de origem de um domínio. No Brasil, o *.br* é gerenciado pelo NIC.br, sob o mandato do CGI.

uma plataforma padronizada de atendimento do tipo balcão único (*one-stop shop*), a ferramenta promove transparência e eficiência na interação cidadão-governo. Até o fim de 2022, o portal centralizava mais de 4.100 serviços digitais e contava com 142 milhões de indivíduos cadastrados (Mitkiewicz, 2024), contingente que ultrapassou a marca de 150 milhões de usuários em 2023 (CGI.br, 2024), em que 90% dos serviços públicos do governo federal foram transformados para o formato digital (Anatel, 2023b).

Em suma, o setor de TIC no Brasil demonstra dinamismo e evolução contínuos, amparados por políticas públicas direcionadas à modernização da infraestrutura e à expansão do acesso digital, além das pressões oriundas da mudança nos hábitos dos consumidores. Contudo, a plena universalização desses serviços ainda esbarra em gargalos macroeconômicos estruturais, a exemplo da desigualdade de renda entre as diferentes regiões e das baixas taxas de retorno financeiro para a expansão de redes de alta qualidade, como a fibra ótica e o 5G. Para transpor esses obstáculos e mitigar o hiato de acesso, o país tem recorrido a adaptações regulatórias, a reformas fiscais e ao uso estratégico de fundos setoriais, instrumentos que também apresentam potencial para estimular o crescimento econômico de outras indústrias nacionais.

A próxima seção explora uma série de trabalhos empíricos que estudaram os efeitos econômicos das TIC através de técnicas de insumo-produto, econometria, e equilíbrio geral computável.

2.4 Estudos anteriores e relacionados

Para além dos desafios de mensuração, a literatura empírica dedica-se à análise dos efeitos estruturais da economia digital, sua difusão e seus impactos na produtividade. Tais estudos partem, em geral, da desagregação formal dos setores de TIC (manufatura e serviços) no Sistema de Contas Nacionais (SCN), sob definições como a da (OECD, 2020b). A partir dessa delimitação setorial, as investigações distribuem-se predominantemente em três vertentes metodológicas: (i) análises de insumo-produto, para a exploração das interdependências setoriais e do poder de encadeamento dos investimentos em TIC; (ii) modelos de equilíbrio geral computável (EGC), que avaliam impactos sistêmicos e multidimensionais ao integrar interações complexas entre agentes e mercados; e (iii) abordagens econométricas e de contabilidade do crescimento, cujo foco reside na estimativa da contribuição das TICs para a Produtividade Total dos Fatores (PTF) e seus efeitos de transbordamento (*spillovers*).

2.4.1 Análises de insumo-produto

Os modelos de insumo-produto fornecem um mapa detalhado das relações interindustriais em uma economia (Miller; Blair, 2009). A partir das matrizes de insumo-produto, é possível derivar métricas como os multiplicadores de produto, emprego e valor adicionado, que quantificam o impacto total de uma variação na demanda final de um determinado setor. Além disso, esses modelos permitem a análise de fluxos inter-regionais e internacionais de produtos e serviços. Modelos mistos, que combinam variáveis exógenas e endógenas, e modelos dinâmicos, que incorporam considerações de capital e tempo, também expandem as capacidades analíticas do *framework*.

A literatura demonstra um uso extensivo de abordagens empíricas de insumo-produto para caracterizar o setor de TIC na economia. (Bazzazan, 2009) analisou a importância econômica do setor no Irã através do método de extração hipotética. O estudo utilizou uma agregação de 6 setores, na qual o setor TIC se mostrou o 4º mais importante em relação à produção nacional, tanto pela ótica da oferta (9,5%) quanto da demanda (8,6%). (Sousa Filho, 2019) estudou as mudanças estruturais na economia brasileira, de 1990 a 2015, através de indicadores de insumo-produto. O estudo mostra que houve uma perda de dinamismo em suas relações intersectoriais ao longo do tempo (queda nos índices de ligação) (Sousa Filho, 2019).

Com base em indicadores de uma matriz mundial de insumo-produto (WIOD) de 2009, com 40 países, Mattioli e Lamonica (2013) destacaram o papel estratégico que o setor de TIC atingiu em economias mais industrializadas, em virtude do alto valor adicionado e sua contribuição para o PIB. A análise direta evidencia que a produção do setor de TIC, em média, representa 7,3% da produção total de um país; além disso, a produção destina-se predominantemente a usos intermediários (66%) (Mattioli; Lamonica, 2013). No que diz respeito às relações indiretas, países como Bélgica, França e Grã-Bretanha demonstraram os maiores impactos do setor. Os índices de ligação indicam que o setor de TIC é geralmente mais integrado no lado das vendas do que no lado das compras. Com poucas exceções, os índices de ligação para frente foram acima da média nacional, enquanto as ligações para trás foram inferiores. Apenas na China e na República Tcheca, o setor TIC foi identificado como setor-chave, enquanto na Indonésia e na Índia foi um setor “ilha” (com ambos os índices de ligação menores que a média nacional). Os autores concluíram que o comportamento do setor de TIC é homogêneo entre a maioria dos países analisados (Mattioli; Lamonica, 2013).

Na União Europeia, (Rohman, 2013) observou que os multiplicadores de produção do setor de TIC em dez economias europeias foram mais elevados no período 1995-2000 do que em 2000-2005. Além dessa redução de impacto no restante da economia, o autor constatou um declínio na produção do próprio setor, fato atribuído à desaceleração dos ganhos em mudanças técnicas e à perda de vantagens de exportação (Rohman, 2013). Em específico, Keček, Boljunčić e Milković (2019) não verificaram mudanças significativas nos multiplicadores entre 2004 e 2010 para a Croácia. Um estudo posterior (Keček, Milković e Mikulić, 2019) identificou multiplicadores mais baixos em 2015, após a adesão do país à UE, e atribuiu esse resultado a uma maior integração internacional, o que sugere que os membros mais antigos da União internalizaram melhor o potencial das TICs. Na Grécia, uma análise de extração hipotética indicou que o setor de TIC contribui significativamente para o PIB (3.840,7 milhões de euros) e o emprego (348 mil postos), mas suas ligações produtivas (para trás) apresentaram desempenho abaixo do potencial (Stamopoulos; Dimas; Tsakanikas, 2022).

Em um estudo mais recente, no contexto global, através da *World Input-Output Database* (WIOD), Alves, Gomes e Neris Jr. (2020) analisaram as relações intersetoriais das TIC nas dez economias mundiais com maior participação do setor no valor adicionado²⁸ para os anos de 2000, 2007 e 2014. Através do método de análise de redes, os resultados indicaram que economias avançadas possuem conexões mais densas entre as TIC e as demais atividades, o que se relaciona ao desenvolvimento de serviços sofisticados. A densidade de rede é calculada como a razão entre o número de ligações intermediárias (m), por intensidade tecnológica, e o número total de ligações possíveis na economia ($n(n-1)$, em que n é o número de setores). O estudo destacou a ascensão da China como polo de manufatura de TIC, a consolidação da Ásia neste segmento e a especialização de países desenvolvidos em serviços de média/alta tecnologia. Os Estados Unidos foram líderes tanto na indústria quanto nos serviços de TIC, com um setor de serviços cinco vezes maior que o chinês, o que reflete uma estratégia de desenvolvimento baseada em competências de alto valor adicionado (Alves, Gomes e Neris Jr., 2020).

²⁸ 1. Alemanha; 2. China; 3. Coreia do Sul; 4. Estados Unidos; 5. França; 6. Grã-Bretanha; 7. Índia; 8. Japão 9. Taiwan; 10. Brasil (incluído adicionalmente, pois, embora não atendesse ao critério principal de ser uma das maiores em valor adicionado de TIC, ocupava a 12ª posição). Segundo o estudo esses dez países foram responsáveis por aproximadamente 68% do valor adicionado das TIC em 2014 (Alves, Amanda Tamires; Gomes; Neris Jr., 2021).

Em linha semelhante, Oliveira (2019) estudou o comércio internacional de serviços por meio de análise de redes as doze maiores economias mundiais (selecionadas com base no PIB de 2014). A análise confirmou a concentração do comércio em países desenvolvidos e apontou a participação crescente de países em desenvolvimento, como a Índia, nas exportações de serviços de TIC, com destaque para a complementaridade estrutural entre serviços e manufatura. Setores específicos como a indústria de automóveis eram os principais demandantes de serviços como telecomunicações, programação de computadores, consultoria e atividades técnicas e científicas (Oliveira, Pétala Rodrigues de, 2019).

Já o estudo de Bueno e Sarti (2019) quantificou os impactos socioeconômicos dos investimentos em infraestrutura no Brasil entre 2000 e 2015. A metodologia adota um modelo de insumo-produto e utiliza a Matriz de Absorção de Investimento (MAI) de Miguez e Freitas (2021) para decompor os efeitos gerados em três categorias: diretos, indiretos e induzidos. Uma simulação para o ano de 2015 demonstrou o significativo potencial multiplicador do setor de Telecomunicações. Nesse cenário, um investimento de R\$ 1 milhão gera R\$ 3,306 milhões em valor de produção, 49,316 postos de trabalho e R\$ 1,738 milhão em valor adicionado. Contudo, a análise de Bueno (2019) aponta que, para além desses multiplicadores, existe uma fragilidade estrutural. O estudo caracteriza o setor de Telecomunicações no Brasil como um segmento de montagem final de equipamentos, o que resulta em alta dependência da importação de componentes tecnológicos e na concentração do valor agregado em ativos intangíveis; e indica que essa vulnerabilidade constitui um fator determinante para a redução da importância relativa do setor em termos de produção e renda após 2009 (Bueno; Sarti, 2019). Declínio que acompanhou a queda na produção que se observou em outros setores de média-alta e alta tecnologia da economia brasileira (Bueno; Sarti, 2019).

Outros estudos utilizam a técnica de decomposição estrutural (SDA, do inglês *Structural Decomposition Analysis*) em modelos de insumo-produto com o objetivo de identificar mudanças estruturais decorrentes do uso de TICs. (Wang *et al.*, 2024) aplicaram uma SDA multirregional para quantificar os determinantes das emissões totais de carbono (CO₂) incorporadas no setor de TIC da China (2012-2015). No entanto, a decomposição não abrange as contribuições específicas das alterações técnicas nos insumos de TIC por parte dos setores. A análise limita-se à estrutura de custos das atividades de TIC e às demandas finais, tanto doméstica quanto de exportação. Complementarmente, Li *et al.* (2025) estenderam a análise para períodos subsequentes (2007-2012 e 2012-2017) e particionaram a matriz tecnológica

entre coeficientes TIC e não TIC, o que permite quantificar as variações de CO₂ decorrentes da incorporação de TIC pelo sistema produtivo (Li *et al.*, 2025).

De maneira análoga, Zhou, Zhou e Wang (2018) também utilizam esse particionamento para discriminar as fontes das variações na intensidade energética da China (2002-2012). O estudo decompôs os efeitos tecnológicos através de um modelo expandido para incluir os fatores capital, trabalho, energia, materiais (KLEM²⁹), e insumos de TIC. Com o uso da análise estrutural-diferencial (*shift-share*), o modelo Zhou, Zhou e Wang (2018) distingue a substituição de insumos dentro do próprio agregado de TIC da substituição ocorrida entre as TIC e os demais fatores de produção. Por fim, o trabalho de Zuhdi, Mori e Kamegai (2012) analisa os ganhos promovidos pelo setor TIC para a variação do produto da Indonésia (1990-2005) e do Japão (1995-2005) em uma SDA de nível único. No entanto, a abordagem não captura mudanças específicas de alterações no uso de TIC pelos setores intermediários e usuários finais.

Destarte, a SDA aplicada nesta dissertação é corroborada por estudos que particionaram as matrizes tecnológicas para analisar os efeitos do uso de TICs (*e.g.*, Zhou, Zhou e Wang, 2018; Li *et al.*, 2025). No entanto, este trabalho amplia o escopo analítico ao decompor o consumo privado e a formação bruta de capital fixo (FBCF) em nível, intensidade em TIC e composição (*mix*) entre manufaturados e serviços TIC. A abordagem permite identificar os setores que mais impulsionam o crescimento do valor bruto da produção (VBP) devido a alterações no uso de insumos e de capitais fixos de TIC. Embora o foco dos estudos de Zhou, Zhou e Wang (2018) e Li *et al.* (2025) recaia sobre variáveis físicas, esses trabalhos respaldam a opção de particionar as matrizes tecnológicas quanto às TICs. A escolha é válida pois os modelos de insumo-produto mantêm-se estruturalmente condicionados pelo VBP, independentemente da unidade de medida utilizada na representação dos fluxos de comércio.

Ademais, segundo o Sistema de Contas Nacionais (SCN) do Brasil, o uso de TICs ao longo do período de 2010 a 2021 apresentou dinâmicas diversas (veja a seção 3.2). As empresas passaram a substituir a aquisição de ativos físicos por soluções intangíveis, como licenciamento de *software* e computação em nuvem, fato que reduziu a parcela de manufaturados na composição de seus investimentos. Em contrapartida, o consumo privado destinou parcela relativamente

²⁹ do inglês, *capital* (K), *labor* (L), *energy* (E), *materials* (M)

maior a equipamentos físicos do que a serviços de informação no mesmo período. Tais aspectos fundamentam a decomposição da demanda final adotada neste trabalho.

Assim como ocorre em outras abordagens metodológicas em economia aplicada, as estratégias empíricas em análises de insumo-produto raramente são arbitrárias, pois sofrem limitações decorrentes da disponibilidade e da granularidade dos dados. Desse modo, a cobertura analítica dessas metodologias varia conforme as regiões e os países explorados. Nesse sentido, o Quadro 3 sintetiza os estudos apresentados nesta seção e destaca três dimensões principais em relação à cobertura analítica de cada um deles: (1) a natureza temporal, classificada entre estática, estática comparativa e evolutiva; (2) o nível de agregação das matrizes; e (3) o escopo analítico conferido ao setor TIC.

QUADRO 3 – Estudos aplicados com modelo de insumo-produto

Autores	País/região	Objetivo	Técnica	Principais Resultados	Cobertura analítica
Bazzazan (2009)	Irã	Analisar a dependência da economia em relação ao setor TIC (2001)	Método de extração hipotética	O setor de TIC ocupa a quarta posição (de 6) e representa 8,6% da demanda e 9,5% da oferta total	Estática, 6 setores. Setor TIC agregado (manufatura e serviços)
Sousa Filho (2019)	Brasil	Identificar mudanças estruturais no produto (1990, 1995, 2000, 2010 e 2015)	Análise de decomposição estrutural em nível único	O setor de Informação e Comunicação (serviços) apresentou contribuição tecnológica de 7,8% em 1995-2000, e uma queda de 3,75% para o mesmo fator entre 2010 e 2015	Evolutiva, 12 setores. Apenas os serviços TIC são isolados explicitamente
Mattioli e Lamonica (2013)	Mundo (WIOD): 40 países	Destacar o papel estratégico e os encadeamentos do setor de TIC (2009)	Análise de multiplicadores e índices de ligação	O setor de TIC é mais integrado nas vendas (oferta) do que nas compras; classificado como setor-chave na China e Rep. Tcheca, mas setor ilha ³⁰ na Índia e Indonésia	Estática. 35 setores. Setor TIC agregado (manufatura e serviços)

³⁰ Encadeamentos de demanda e oferta abaixo da média nacional.

Autores	País/região	Objetivo	Técnica	Principais Resultados	Cobertura analítica
Rohman (2013)	União Europeia	Analisar as causas da estagnação da produção dos setores TIC nas economias europeias (1995, 2000 e 2005)	Análise de decomposição estrutural (nível único) e análise de multiplicadores	Os multiplicadores de TIC declinaram em 2000-2005. A queda do produto do setor no mesmo período foi impulsionada pela perda de vantagens de exportação e redução nos ganhos de mudanças tecnológicas	Evolutiva. 59 setores. No entanto, a variável decomposta (VBP dos setores de TIC) agrega a produção de manufatura e serviços em um único setor
Keček, Boljunčić e Milković (2019)	Croácia	Quantificar os efeitos da demanda final por TICs na produção doméstica e importações (2010)	Análise de multiplicadores (produção, emprego e valor adicionado)	O consumo de TIC pelas famílias foi o maior gerador de valor adicionado e emprego. No entanto, constatou-se alta dependência de importações de manufaturados de TIC	Estática. 64 setores. Os resultados agregam a demanda total por TICs (manufatura e serviços)
Keček, Milković e Mikulić (2019)	Croácia	Comparar multiplicadores após adesão à EU (2010 e 2015)	Análise de multiplicadores (produção, emprego e valor adicionado)	Identificaram-se multiplicadores mais baixos em 2015 para quase todos os setores (exceto telecomunicações), o que reflete a maior integração internacional e dependência de valor adicionado importado após a entrada na EU	Estática comparativa. 64 setores. Compara os multiplicadores de 6 subsetores de TIC (de manufaturados à serviços) em dois períodos distintos
Stamopoulos, Dimas e Tsakanikas (2022)	Grécia	Quantificar a dependência do PIB e do emprego em relação ao setor TIC (2015)	Extração hipotética e análise de redes	O PIB e o emprego demonstraram dependência significativa da demanda total de TIC (€ 3.8 bi e 348.000 postos), impulsionados quase exclusivamente pelos serviços de TIC	Estática. 64 setores. Setores de TIC discriminados entre manufatura e serviços.

Autores	País/região	Objetivo	Técnica	Principais Resultados	Cobertura analítica
Alves, Gomes e Neris Jr. (2020)	Mundo. 10 maiores economias em TIC (valor adicionado)	Analisar relações intersetoriais e densidade das TICs (2000, 2007 e 2014)	Análise de redes	Houve adensamento das conexões em serviços de TIC globalmente. A China obteve o maior avanço em densidade na manufatura de <i>hardware</i> , ao passo que os EUA mantiveram a liderança isolada e simultânea tanto na indústria quanto nos serviços de alto valor agregado	Estática comparativa. Matriz multirregional, 56 setores. Mapeia a densidade relativa dos encadeamentos dos setores TIC (indústria, telecomunicações e serviços) em diferentes anos
Oliveira (2019)	Mundo (WIOD): 12 maiores economias	Analisar o fluxo do comércio internacional de serviços nas cadeias globais de valor (2000 e 2014)	Análise de redes	Concentração do comércio em países desenvolvidos. Participação crescente de serviços TIC em países em desenvolvimento (<i>e.g.</i> , Índia). Complementaridade entre serviços e manufatura	Estática comparativa. Matriz multirregional com 12 setores. Os serviços de informação e comunicação estão entre os 9 setores terciários analisados
Bueno e Sarti (2019)	Brasil	Quantificar os impactos socioeconômicos dos investimentos dos setores de infraestrutura (série anual 2000-2015)	Multiplicadores e índices de ligação	As telecomunicações destacaram-se pelos encadeamentos para trás superiores aos setores de energia e transporte para a geração de renda	Estática comparativa. Matriz desagregada setorialmente para a FBCF ³¹ . 40 setores. Apenas o setor TIC de serviços de informação é analisado e reconhecido explicitamente (como <i>proxy</i> para telecomunicações)

³¹ As matrizes de absorção de investimentos (MAIs) estimadas por Miguez e Freitas (2016) foram utilizadas para que os choques seguissem o tamanho e a composição exata da demanda de investimentos de cada setor de infraestrutura (Bueno e Sarti, 2019).

Autores	País/região	Objetivo	Técnica	Principais Resultados	Cobertura analítica
Zuhdi, Mori e Kamegai (2012)	Japão / Indonésia	Analisar as contribuições estruturais do crescimento dos setores TIC para o crescimento do produto nacional (VBP). Japão: 1995, 2000 e 2005; Indonésia: 1990, 1995 e 2005	Análise de decomposição estrutural em nível único	Para o Japão, o crescimento dos 3 setores de serviços TIC analisados promoveu maiores contribuições estruturais para a economia (<i>top 5</i> , 1995-2005). Para a Indonésia nenhum dos 2 serviços TIC analisados apresentou influência significativa (<i>top 5</i>) para a mudança estrutural da Indonésia (1990-2005)	Evolutiva. 89 setores para o Japão; 159 setores para a Indonésia. Apenas subsetores de serviços de TIC são reconhecidos explicitamente nas matrizes de ambos os países. As contribuições tecnológicas e de demanda final advindas do uso de TIC não são decompostas
Zhou, Zhou e Wang (2018)	China	Analisar como a difusão das TICs contribuiu para mudanças na intensidade energética (2002, 2007 e 2012)	Análise de decomposição estrutural multinível combinada com <i>Shift-Share Analysis</i>	O crescimento agregado da demanda final por produtos e serviços de TIC elevou a intensidade energética nacional. Contudo, a substituição de fatores tradicionais por TICs na estrutura produtiva contribuiu para reduzir o uso de energia	Evolutiva. 29 setores. As alterações tecnológicas são decompostas entre substituição interna na cesta TIC (equipamentos e serviços) e substituição entre TICs e fatores de produção tradicionais (KLEM). Demanda final decomposta em nível único
Wang <i>et al.</i> (2024)	China (30 províncias)	Quantificar as contribuições do setor TIC para as variações de emissões de carbono (2012 e 2015)	Análise de decomposição estrutural em nível único e Análise de trajetória estrutural	A demanda final doméstica, as exportações e as mudanças na estrutura de produção impulsionaram o aumento das emissões no setor. Em contrapartida, a intensidade de carbono foi o único fator redutor	Evolutiva. Matriz multirregional. TICs reconhecidas e discriminadas entre manufatura e serviços. Entretanto, as contribuições tecnológicas e demanda final específicas do uso de TIC não são decompostas
Li <i>et al.</i> (2025)	China (30 províncias)	Analisar a heterogeneidade regional e setorial das contribuições estruturais das TICs nas emissões de carbono (2007, 2012 e 2017)	Análise de decomposição estrutural multinível	As contribuições decorrentes do uso de insumos TIC por toda a economia nacional promoveram uma redução total de 45,68 milhões de toneladas de CO ² no longo prazo (2007-2017).	Evolutiva. 39 setores. Matrizes de região única. Coeficientes técnicos particionados entre insumos TIC e não TIC. Demanda final decomposta em nível único

Fonte: Elaboração própria.

2.4.2 Análises com equilíbrio geral computável (EGC)

A abordagem dos modelos de equilíbrio geral tem sido utilizada na avaliação dos efeitos econômicos da digitalização e das TICs por sua capacidade de analisar interações econômicas complexas de forma integrada. Esses modelos capturam os fluxos reais e nominais entre todos os agentes e setores da economia, o que permite quantificar como mudanças tecnológicas afetam a produtividade e o crescimento de modo sistêmico. Como a digitalização altera estruturas produtivas, padrões de consumo e relações intersetoriais, as análises de EGC podem identificar esses impactos multidimensionais, desde ganhos de eficiência até custos indiretos, como maior demanda energética (e.g. Zhang et al., 2021).

Através de um modelo EGC dinâmico (AIM³²), Zhang et al. (2022) projetaram o impacto geral da utilização das TIC no crescimento do PIB e nas emissões de gases de efeito estufa (GEE) no Japão (2016-2030). O modelo foi calibrado com base na matriz de insumo-produto do ano de 2005 (49x43). A partir de informações da pesquisa *Methodology for assessing the aggregated positive sector-level impacts of ICT in other sectors* da (ITU, 2019), os efeitos diretos da difusão tecnológica foram expressos pela alteração dos coeficientes técnicos no modelo EGC, cuja parametrização captura um duplo efeito simultâneo: a redução no uso de insumos propiciada pelos serviços de TIC nos demais setores da economia (ganhos de eficiência) contraposta ao aumento direto no consumo de eletricidade exigido para a operação do parque físico de equipamentos.

Em uma perspectiva metodológica distinta, focada na avaliação de restrições políticas em vez da difusão tecnológica endógena, (Flaig *et al.*, 2016) aplicaram um modelo EGC estático (METRO³³), adaptado do Projeto de Análise do Comércio Global (GTAP, do inglês *Global Trade Analysis Project*), a uma matriz multirregional de 15 regiões globais. Com o objetivo de analisar os custos de oportunidade de medidas políticas de localização de dados, o estudo desagregou explicitamente o “setor de gerenciamento de dados” como um subsetor independente. Sob essa estrutura, as políticas digitais não operam como alterações de eficiência técnica, mas sim como choques exógenos parametrizados em duas frentes: as restrições à transferência transfronteiriça de dados operam no modelo como barreiras não tarifárias (pois impõem aumentos de custos nas exportações), enquanto as exigências de armazenamento de

³² *Asia-Pacific Integrated Model*

³³ *MEtropolitan TRade Organization* (OCDE)

dados são modeladas como requisitos de conteúdo local que forçam a elevação dos custos dos insumos de gerenciamento de dados consumidos pelas indústrias domésticas.

Ainda no escopo da avaliação de políticas em economias multirregionais, Lim, Toh e Xie (2022) aplicaram o modelo GTAP estático para analisar os impactos de Acordos de Economia Digital (DEAs) na região da Associação de Nações do Sudeste Asiático (ASEAN, do inglês *Association of Southeast Asian Nations*), além de Austrália, Nova Zelândia e China. O estudo de Lim, Toh e Xie (2022) utiliza uma agregação de 15 setores, em que o tratamento explícito das TICs reconhece apenas o setor terciário de “Informação e Comunicações”. Sob essa estrutura, os parâmetros do modelo que simulam os ganhos de integração digital foram inseridos como reduções nos custos de transação. Em contrapartida, as restrições ao fluxo de dados operam como choques exógenos que elevam as tarifas e os custos de produção diretamente sobre o agregado dos serviços de informação e comunicação.

Por seu turno, Yeo, Hwang e Lee (2023) analisam a taxa de investimento em *software* de TIC como uma variável de política macroeconômica através de um modelo dinâmico, calibrado com uma Matriz de Contabilidade Social (MCS) da Coreia do Sul. Esse trabalho desagregou a conta de capital em duas rubricas: o capital de *hardware* (equipamentos de computação e comunicação) e o capital de *software*. Sob essa estrutura, o modelo parametriza a tecnologia em uma função de produção com elasticidade de substituição constante (CES), na qual o capital de TIC e o capital físico tradicional operam isoladamente. O capital de TIC é parametrizado para atuar como substituto da mão de obra de média qualificação (alocada em tarefas rotineiras) e como complementar ao trabalho de alta e baixa qualificação (tarefas não rotineiras). Três cenários de política são projetados com base em variações graduais na intensidade do *software* de TIC.

Enquanto Yeo, Hwang e Lee (2023) focaram no particionamento do capital tecnológico, o modelo dinâmico e recursivo EEICGE³⁴ de Okorie, Adedeji e Ifionu (2025) mantém a conta de capital de forma agregada, mas direciona a análise para a desagregação socioambiental para explorar as implicações da modernização digital na Nigéria (MCS 2019). A base de dados particiona o fator trabalho por níveis de qualificação (qualificado e não qualificado) e segmenta as famílias por estratos de renda e recortes regionais (urbano e rural). Ademais, a abordagem

³⁴ *Energy & Environment Integrated Computable General Equilibrium Model*

aninha a energia como um insumo intermediário estritamente dependente do capital. Sob esses parâmetros, a digitalização simula uma reconfiguração sistêmica em que a incorporação de novos bens de capital induz a substituição do consumo de combustíveis fósseis por eletricidade na matriz produtiva. Isso altera simultaneamente as demandas por qualificação no mercado de trabalho e a própria matriz energética nacional, uma vez que as equações de produção permitem às indústrias substituírem combustíveis fósseis por eletricidade.

Em uma vertente direcionada ao impacto de indústrias específicas, Chu *et al.* (2020) aplicam um modelo dinâmico (GEMTEE³⁵) para analisar a adoção de manufatura inteligente e inteligência artificial (IA) em setores TIC de Taiwan (fabricação de computadores, periféricos, equipamentos de comunicação e outros componentes eletrônicos). Sob essa arquitetura, a difusão dessas tecnologias atua por meio de choques exógenos nos coeficientes de substituição de fatores em que ocorrem, simultaneamente, um aumento da eficiência do capital e uma redução na demanda por trabalho. Dessa forma, a simulação dos efeitos não exigiu uma reconfiguração da base de dados, pois o modelo a trata como um choque de automação focado em poupar mão de obra e acelerar o volume produzido. Três cenários foram simulados com base no Plano de Ação de IA de Taiwan (2018-2021) (Chu et al., 2020).

De forma complementar, Gunasekera e Valenzuela (2020) utilizaram um modelo dinâmico multirregional GTAP V9 para avaliar a adoção da tecnologia *blockchain*³⁶ na indústria de grãos australiana. Esse estudo analisa a economia global em 10 regiões e 7 macrossetores, com foco analítico direcionado às interações da indústria de grãos e dos serviços financeiros. A adoção da *blockchain* atua essencialmente como uma ferramenta de redução de custos de transação, uma vez que elimina despesas com intermediários, burocracia e verificação de contratos. Os autores programam a adoção tecnológica estritamente como um choque exógeno de ganho de produtividade multifatorial. Três cenários para o período 2020-2030 são simulados: assumiu-se um aumento de 5% na produtividade do setor de grãos, no setor financeiro, ou em ambos. Segundo o estudo, o efeito projetado pode refletir como o *blockchain*, ao facilitar o pagamento

³⁵ *General Equilibrium Model for Taiwanese Economy and Environment*

³⁶ A *blockchain* é um sistema de registro distribuído (DLT, do inglês *Distributed Ledger Technology*) composto por uma cadeia de blocos encadeados via funções *hash* criptográficas. A imutabilidade é garantida pelo consenso descentralizado entre os nós da rede, dispensando intermediários (autoridades centrais) para a validação de transações. Aplica-se na prática à criação de ativos digitais, contratos inteligentes (*smart contracts*) e rastreabilidade logística, contextos em que a integridade do histórico de dados é crítica para a segurança e auditoria em tempo real.

rápido e imediato das vendas de grãos, melhoraria a eficiência dos serviços de transação financeira para o setor agrícola.

Em síntese, a revisão da literatura baseada em modelos de Equilíbrio Geral Computável (EGC) evidencia um amplo desenvolvimento analítico para endogeneizar os efeitos da economia digital, seja pela reconfiguração profunda das bases de dados, mediante a desagregação do capital e do trabalho, seja pela aplicação de choques paramétricos. No entanto, cabe salientar que a maioria desses modelos EGC possui uma natureza eminentemente prescritiva e normativa, concebida para a simulação e a análise de políticas (como a avaliação de restrições comerciais, tarifas, regulações de dados ou cenários hipotéticos de investimentos). Essa característica impõe a adoção de premissas teóricas rígidas, como o equilíbrio de mercado e suposições restritivas sobre o comportamento dos agentes.

Não obstante, em virtude do objetivo acerca de uma análise estrutural do setor TIC na economia brasileira na última década, esta dissertação recorre a técnica de decomposição estrutural em modelo de insumo-produto, uma vez que ela se apresenta como uma alternativa apropriada a fim de capturar as transformações da economia de modo evolutivo e puramente contábil. As alterações capturadas pelos coeficientes técnicos englobam as efetivas substituições de insumos tecnológicos e os efeitos de escala na produção nacional. Ao realizar a decomposição sob uma base móvel para capturar as mudanças anuais, essa abordagem isola as variações estritas de volume e elimina as distorções causadas pelas volatilidades de preços relativos. Sob essa ótica isolada do efeito preço, a análise de decomposição proposta no próximo capítulo apresenta-se como uma ferramenta mais robusta para a análise das mudanças promovidas pelas TICs na economia brasileira.

O Quadro 4 sintetiza os estudos de EGC discutidos nesta seção e destaca três dimensões principais em relação à cobertura analítica de cada um deles: (1) a natureza temporal, classificada estritamente entre modelos estáticos ou dinâmicos; (2) a estrutura da base de dados (MIP ou MCS) e o nível de agregação das atividades; e (3) a modelagem e o escopo analítico conferido ao avanço do setor de TIC.

QUADRO 4 – Estudos aplicados com modelo de equilíbrio geral

Autores	País/região	Modelo	Objetivo	Principais Resultados	Cobertura Analítica
Zhang <i>et al.</i> (2022)	Japão	AIM Dinâmico (Base: 2005; Projeção: 2030)	Analisar o impacto geral da utilização das TIC no PIB e nas emissões de GEE	A difusão das TIC aumenta o PIB (1,9%) e prevê uma redução nas emissões de GEE (até - 4,7%) em 2030.	Dinâmica. MIP com 49 setores e 43 produtos. Efeitos da difusão das TICs projetados via alterações de coeficientes técnicos
Flaig <i>et al.</i> (2016)	15 regiões e economias agregadas globalment e (GTAP)	Estático (GTAP V9 adaptado)	Analisar o impacto econômico das medidas de localização de dados	Restrições de dados reduzem a produção e as exportações. Restrições a fluxos de dados geram impactos negativos em parceiros comerciais (UE: -1,81%)	Estática. MIP multirregional com 57 setores. Desagregação exclusiva do setor de "gerenciamento de dados"
Lim, Toh e Xie (2022)	Singapura, ASEAN, Austrália, Nova Zelândia, China	Estático (GTAP 7: 2010-2019)	Avaliar os impactos dos acordos de economia digital (DEAs) no comércio e na produtividade.	DEAs aumentam a produtividade no setor de TIC (ganhos médios de 6,78% na produção) e impulsionam o comércio eletrônico (média de 7,27%)	Estática. MIP multirregional com 15 setores. Analisa apenas o setor terciário de serviços TIC
Yeo, Hwang e Lee (2023)	Coreia do Sul	Dinâmico (Base: 2014; Projeção: até 2030)	Analisar impactos macroeconômicos do avanço das TIC (software)	Avanços impulsionam crescimento do PIB (8,03%) e aceleram a polarização do mercado de trabalho, com maior demanda por trabalho de alta (10,5%) e baixa qualificação	Dinâmica. MCS com 24 setores. Conta de capital desagregada entre <i>hardware</i> e <i>software</i> de TIC
Okorie, Adedeji e Ifionu (2025)	Nigéria	Dinâmico (EEICGE) (Base: 2019; Projeção: até 2029)	Explorar as implicações da modernização digital em economias em desenvolvimento	Digitalização impulsiona a demanda por capital (pico de 18% em 2028) e maior demanda por mão de obra qualificada (9,6% em 2028)	Dinâmica. MCS com 22 setores. O avanço digital é simulado por meio de um choque exógeno de investimento alocado exclusivamente no setor de telecomunicações (único setor TIC reconhecido)

Autores	País/região	Modelo	Objetivo	Principais Resultados	Cobertura Analítica
Chu <i>et al.</i> (2020)	Taiwan (semicondutores e TIC)	Dinâmico (GEMTEE, MONASH-type) (Base: 2014; Projeção: 2025)	Analisar o impacto da IA na indústria de Taiwan (manufatura inteligente)	Aumento da produção (semicondutores em 10,34%), mas redução drástica do emprego (semicondutores: - 24,61%) devido à automação	Dinâmica. MIP com 170 setores. Choques em indústrias específicas de semicondutores e outros 4 setores de equipamentos TIC
Gunasekera e Valenzuela (2020)	Austrália (indústria de grãos e setor financeiro)	Dinâmico (GTAP V9) (Projeção: 2030)	Avaliar os potenciais efeitos econômicos da adoção da tecnologia <i>blockchain</i> no comércio de grãos australiano.	O cenário combinado aumenta a produção de grãos (9,68%) e gera ganhos de bem-estar; o maior impacto é impulsionado pelo ganho de produtividade no setor financeiro (aumento de 2,53% no PIB)	Dinâmica. MIP multirregional com 10 regiões globais 7 setores. A difusão da <i>blockchain</i> opera sob aumentos exógenos de produtividade

Fonte: Elaboração própria

2.4.3 Análises econométricas e de contabilidade do crescimento

As TICs, em si, são amplamente aceitas como tecnologias de propósito geral (GPTs, do inglês *General Purpose Technology*), dada sua capacidade de gerar ou impulsionar inovações, sua vasta aplicabilidade em múltiplos setores e seu impacto agregado e prolongado na economia (Bresnahan; Trajtenberg, 1995; Ceccobelli; Gitto; Mancuso, 2012; Kim *et al.*, 2021a; Vu; Amann, 2024). Os efeitos de *spillover* e as externalidades representam ganhos de produtividade que transcendem efeitos diretos da acumulação de capital. Manifestam-se, por exemplo, na difusão de novas ideias e inovações de gestão entre empresas que observam o mercado. Esses efeitos podem ser detectáveis ao ponderá-los pelo comércio bilateral dos setores, devido aos efeitos indiretos das conexões entre indústrias para a materialização desses benefícios (Kim *et al.*, 2021).

Adicionalmente, a realização de investimentos complementares para a adoção de TICs, como a melhoria do capital humano e das competências da força de trabalho constituem outro canal para a efetivação dos ganhos de produtividade advindos da digitalização (Brynjolfsson; Hitt, 2000; Mollins; Taskin, 2023; Ye *et al.*, 2025). A superação do paradoxo da produtividade, que observa inicialmente a ausência de ganhos claros apesar de altos investimentos em TIC, decorre do reconhecimento de que o pleno valor da TIC como GPT se concretiza apenas ao longo do

tempo, mediante a realização coordenada e substancial desses investimentos complementares em capital intangível e capital humano (Edquist; Henrekson, 2017; Jorgenson, Dale W; Ho; Stiroh, 2008)

O método de *growth accounting* tem sido utilizado para decompor as fontes do crescimento da produtividade, e assim, mensurar a contribuição das TICs de forma estruturada (Erumban, 2024; Jalava; Pohjola, 2007; Vu; Amann, 2024). É operado por três componentes básicos: (i) aprofundamento do capital, que incorpora os investimentos em ativos de TIC; (ii) aprimoramento da qualidade do trabalho, derivado do incremento no capital humano; e (iii) produtividade total dos fatores (PTF), que mensura os ganhos residuais atribuíveis a fatores como progresso tecnológico e eficiência alocativa. A abordagem permite discriminar entre os efeitos diretos da acumulação de TICs e seus efeitos indiretos, capturados pela dinâmica da PTF.

Contudo, os ganhos estruturais de produtividade advindos da adoção de TICs nos setores usuários tendem a ser subestimados pelas abordagens tradicionais de *growth accounting* (Solow, 1956), devido a três limitações estruturais: (i) não capturam adequadamente os investimentos complementares intangíveis, como reorganização empresarial, desenvolvimento de habilidades e inovações organizacionais que acompanham a adoção de TIC, às vezes tratados como despesas correntes em vez de acumulação de capital; (ii) subestimam melhorias qualitativas, como variedade, conveniência, personalização, que a TIC possibilita nos produtos e serviços; e (iii) os *spillovers* e defasagens de adaptação tecnológica podem diminuir os efeitos da TIC no resíduo da PTF (Ceccobelli; Gitto; Mancuso, 2012; Chung, 2018; Kim *et al.*, 2021b; Mollins; Taskin, 2023).

Ainda que utilizem funções de produção neoclássicas, modelagens econométricas podem oferecer abordagens mais robustas para superar as limitações da contabilidade do crescimento tradicional na análise dos impactos das TICs na produtividade. Para contornar a subestimação dos investimentos complementares intangíveis (1), análises em nível de firma permitem incorporar explicitamente fatores como capital organizacional, treinamento e P&D nas funções de produção, o que captura efeitos que seriam negligenciados na contabilidade convencional (Brynjolfsson e Hitt, 2000). Quanto às melhorias qualitativas (2), a abordagem microeconométrica supera problemas de agregação ao mensurar diretamente como as TICs afetam preços e variedade de produtos (Brynjolfsson e Hitt, 2000). Já para os *spillovers*

tecnológicos e defasagens de adaptação, modelos em painel apresentam efeitos dinâmicos. Assim, a econometria pode proporcionar um arcabouço analítico mais completo para entender os múltiplos canais através dos quais as TICs afetam a produtividade.

Em contrapartida, estudos que empregaram métodos de dados em painel, associados a técnicas de mínimos quadrados generalizados (GLS), efeitos fixos, momentos generalizados (GMM), têm identificado uma correlação positiva entre a adoção de TIC e a PTF ou a produtividade do trabalho (Kim *et al.*, 2021b; Koutroumpis; Leiponen; Thomas, 2020; Mendonça; Freitas; Souza, 2008; Pan *et al.*, 2022; Rehman; Nunziante, 2023). Mendonça, Freitas e Souza (2008) investigaram o impacto da adoção de TIC na produtividade do trabalho na indústria de manufatura brasileira, em 2003, através de um modelo de corte transversal GLS. Os autores utilizaram uma função de produção neoclássica, em que a variável dependente é a razão entre o nível de produto e o pessoal ocupado. A adoção tecnológica é parametrizada no modelo por meio de uma variável *dummy* representativa da utilização de sistemas de gestão empresarial³⁷. Os resultados indicam que a adoção de ferramentas de TI afetou positivamente a produtividade do trabalho, com o coeficiente para a *dummy* (0.124) estatisticamente significativo. Com controle para efeitos fixos e outros fatores específicos das empresas, modelos *Ordered Probit* e OLS, também encontraram uma relação positiva entre capital de TIC e produtividade de firmas de manufatura no Brasil (2200%) e na Índia (2900%) entre 2001 e 2003 (Basant *et al.*, 2006).

Em uma extensa revisão bibliográfica do Banco Mundial sobre os efeitos econômicos da adoção das TICs, observou-se que mais de 85% dos trabalhos aplicam métodos quantitativos (Vergara Cobos; Malasquez, 2023). Desta amostra, aproximadamente 90% evidenciam que a difusão dessas tecnologias impulsionou o crescimento econômico dos países, melhoraram o desempenho das empresas, elevaram o bem-estar das pessoas e aprimoraram as condições de trabalho, com resultados estatisticamente significativos na maioria dos casos (Vergara Cobos; Malasquez, 2023). Contudo, existem diferenças notáveis nos impactos entre países desenvolvidos, emergentes e em desenvolvimento. Enquanto estudos iniciais sugerem efeitos positivos mais fortes em economias desenvolvidas como os EUA, outras pesquisas indicaram que tecnologias móveis impulsionam significativamente o crescimento em países em desenvolvimento (Vergara Cobos; Malasquez, 2023). No entanto, o impacto da *internet* e da

³⁷ Planejamento de recursos da empresa (CRM, do inglês *Customer Relationship Management*) e gestão de relacionamento com o cliente (ERP, do inglês *Enterprise Resource Planning*).

banda larga fixa pode ser mais limitado ou variar ao longo do tempo, e a contribuição da *internet* para o PIB per capita pode ser restrita em regiões com baixa penetração e infraestrutura limitada, como a África Subsaariana (Vergara Cobos; Malasquez, 2023).

Rehman e Nunziante (2023) avaliaram o efeito da economia digital na PTF em 182 regiões NUTS2³⁸ da EU, entre 2006 e 2020, através de um modelo GMM. São utilizadas duas medidas para a PTF: o índice de *Törnqvist*, com ponderações dinâmicas que capturam a substituição entre capital (1/3) e trabalho (2/3); e o índice de *Malmquist*, baseado em análise envoltória de dados (DEA), que decompõe a produtividade em componentes de eficiência técnica, progresso técnico, eficiência de escala e forma da tecnologia. Variáveis *proxy* para a economia digital incluíram *e-government*, *e-commerce* e usuários de *internet* doméstica. Os resultados mostraram um impacto positivo destas três variáveis na PTF regional. Além disso, a interação entre as *proxies* da economia digital mostrou um efeito mais forte e significativo, uma evidência sobre a complementaridade entre esses aspectos da digitalização. Ceccobelli, Gitto e Mancuso (2012) utilizaram a DEA para analisar o impacto do capital de TIC no crescimento da produtividade do trabalho em 14 países da OCDE entre 1995 e 2005. O resultado mostrou um impacto positivo do capital de TIC na produtividade do trabalho.

Por outro lado, (Erumban, 2024) examinou se a digitalização, via capital de TIC e penetração da *internet*, pode mitigar o impacto negativo da informalidade no crescimento da produtividade do trabalho agregado. Para isso, o autor utilizou dados em painel de 118 países (1997-2017). Primeiramente, aplicou-se uma abordagem de *growth accounting* do tipo Jorgensoniano (Jorgenson, Dale; Ho; Stiroh, 2005) para fornecer as fontes de crescimento da produtividade e a importância relativa do capital de TIC de forma estruturada, antes de se aprofundar na questão central da informalidade. Posteriormente, utilizou-se uma abordagem de regressão de efeitos fixos baseada numa função de produção neoclássica. Um termo de interação entre as medidas de TIC e informalidade foi incluído para verificar o efeito da digitalização na relação entre informalidade e produtividade. Os resultados confirmaram a informalidade como um entrave ao crescimento da produtividade em economias emergentes e em desenvolvimento. O aprofundamento do capital de TIC pareceu atuar como moderador ao reduzir esse impacto negativo (Erumban, 2024).

³⁸ *Nomenclature of Territorial Units for Statistics, level 2* (NUTS2). São regiões administrativas intermediárias da União Europeia

Kim *et al.* (2021) encontraram evidências de *spillovers* domésticos da TIC na PTF apenas quando as indústrias estão conectadas por meio de comércio bilateral (*i.e.*, transações intermediárias). O estudo utilizou dados em painel (2000-2014) para 15 países da UE, construído a partir da contabilidade de crescimento e capital intangível do banco de dados KLEMS (capital, trabalho, energia, materiais e serviços) da UE, e matrizes de insumo-produto do *World Input-Output Database* (WIOD). A medida padrão de externalidade doméstica das atividades de TIC foi calculada como a soma do capital de TIC de todas as outras indústrias dentro da mesma economia nacional. Contudo, os autores ponderaram esta medida pelo coeficiente de intensidade do comércio bilateral entre as indústrias, que é, especificamente, calculado como a proporção do comércio da indústria i com uma indústria específica i' , em relação ao seu comércio total com as demais indústrias i' . A lógica é que, em uma economia nacional, nem todas as indústrias estão conectadas da mesma maneira, e as externalidades da TIC só se manifestam entre setores que de fato interagem por meio de transações intermediárias. Essa medida ponderada da externalidade do capital de TIC se mostrou positiva e estatisticamente significativa, enquanto a medida não moderada apresenta coeficiente não significativo.

O trabalho de Edquist e Henrekson (2017) estudou a influência de investimentos em TIC e P&D no crescimento da PTF, especialmente seus efeitos indiretos, com base em dados das indústrias suecas para o período de 1993 a 2013. A pesquisa também empregou um modelo de *growth accounting Jorgensoniano* para estimar a PTF (Jorgenson, Dale; Ho; Stiroh, 2005), além de regressões que relacionam os serviços de capital de TIC e P&D à PTF. O capital de TIC é dividido em *hardware* e *software*. Os principais resultados mostraram que o capital de P&D exibe uma associação positiva e contemporânea com o crescimento da PTF, com efeitos indiretos imediatos com uma taxa de retorno de 46%, enquanto o capital de TIC não mostrou uma associação significativa no curto prazo. Contudo, ao considerar períodos mais longos e defasagens, os autores identificaram uma associação positiva entre o capital de TIC e a PTF com um atraso de sete a oito anos, e esta associação emanaria principalmente dos investimentos em *hardware*, e não em *software*. Esse achado constitui outro indício da necessidade de investimentos complementares para a colheita dos benefícios de produtividade a longo prazo.

Pan *et al.* (2022) estudaram a influência da economia digital na PTF na China, com foco em seu papel como impulsionador da inovação. O trabalho utilizou dados de províncias chinesas (2010-2018) para construir um índice de economia digital a partir da análise de componentes

principais (PCA). Na sequência, os autores estimaram uma regressão *pooled* OLS, com termos quadráticos nas variáveis e erros padrão robustos à heterocedasticidade e clusterização. Os resultados indicam uma relação não linear positiva entre o índice da economia digital e a PTF provincial. Essa relação corresponde a uma função parabólica, em que a PTF cresce significativamente após um ponto de inflexão no investimento digital. O coeficiente da economia digital foi de 31,4 para o termo quadrático no nível nacional, com um efeito particularmente alto e significativo nas regiões litorâneas do leste da China (Pan *et al*, 2022).

Verificou-se uma diversidade regional nos efeitos, pois a integração digital na China oriental impulsionou o crescimento da PTF, enquanto as regiões central e ocidental apresentam resultados relativamente inferiores. Embora o investimento fixo em TIC e as patentes de alta tecnologia tenham contribuído positivamente para a PTF, os termos de interação com o índice da economia digital exibiram coeficientes negativos. Isso indica que o efeito total da economia digital na PTF não se realiza diretamente através de tais inovações. Os autores atribuem essa assimetria à obsolescência das infraestruturas de TIC ou à rigidez dos modelos de gestão administrativa frente à transformação digital (Pan *et al*, 2022).

Em geral, os estudos supracitados sinalizam que a digitalização e as TICs impulsionam o crescimento da produção e da produtividade. No entanto, abordagens econométricas e de contabilidade do crescimento focam predominantemente em inferências de causalidade estatística, resíduos de PTF ou estimações de elasticidade, o que pode ocultar a mecânica interna das cadeias produtivas. Nesse sentido, a análise de decomposição adotada nesta dissertação oferece uma via metodológica complementar e estrutural. Em vez de inferir probabilidades, a técnica isola as mudanças tecnológicas e de composição da demanda ao longo do tempo. Dessa forma, a abordagem se mostra mais aderente para o objetivo de mapear as fontes do crescimento da produção brasileira.

O Quadro 5 sintetiza os estudos econométricos e de contabilidade do crescimento discutidos nesta subseção e destaca três dimensões principais em relação à cobertura analítica de cada um deles: (1) a natureza dos dados, classificada entre painel de dados ou corte transversal; (2) o nível de agregação da amostra analisada (nível de firma, regional, setorial ou macroeconômico); e (3) o tratamento metodológico e o escopo analítico conferidos às variáveis representativas de TIC.

QUADRO 5 – Estudos econométricos e de contabilidade do crescimento

Autores	País/região	Objetivo	Metodologia	Principais Resultados	Cobertura Analítica
Mendonça, Freitas e Souza (2008)	Brasil	Estudar o impacto da adoção de TIC na produtividade do trabalho na indústria de manufatura brasileira (2003)	Modelo de corte transversal GLS, utilizando uma função de produção neoclássica	A adoção de ferramentas de TI (sistemas de gestão empresarial) afetou positivamente a produtividade do trabalho	Corte transversal em nível de firma. Variáveis binárias indicam a adoção de sistemas e <i>softwares</i> corporativos de gestão
Basant <i>et al.</i> (2006)	Brasil e Índia	Estudar a relação entre capital de TIC e produtividade de firmas de manufatura (2001-2003)	Modelos <i>Ordered Probit</i> e OLS, com controle para efeitos fixos	Encontraram uma relação positiva entre capital de TIC e produtividade em firmas de manufatura, com coeficientes significativos (Brasil: 2200%; Índia: 2900%)	Painel de dados curto em nível de firma. Estoque de capital TIC mensurado através dos investimentos em equipamentos físicos e serviços de informação
Rehman e Nunziante (2023)	182 regiões NUTS2 da União Europeia (EU)	Avaliar o efeito da economia digital na Produtividade Total dos Fatores (PTF) (2006-2020)	Modelo GMM, utilizando índices de PTF (Törnqvist e Malmquist) e variáveis <i>proxy</i> para economia digital (<i>e-government</i> , <i>e-commerce</i> e usuários de <i>internet</i>)	As variáveis da economia digital tiveram um impacto positivo e significativo na PTF regional. A interação entre as <i>proxies</i> demonstrou um efeito ainda mais forte, indicando complementaridade	Painel de dados em nível regional. TICs mensuradas com variáveis <i>proxy</i> de serviços e infraestrutura digital englobando governo eletrônico, comércio eletrônico e acesso à <i>internet</i>
Ceccobelli, Gitto e Mancuso (2012)	14 países da OCDE	Analisar o impacto do capital de TIC no crescimento da produtividade do trabalho (1995-2005)	Análise Envolvória de Dados (DEA)	O capital de TIC tem um impacto positivo na produtividade do trabalho	Painel de dados macro internacionais. Capital TIC composto por <i>hardwares</i> de computação, equipamentos de telecomunicações e <i>softwares</i> corporativos

Autores	País/região	Objetivo	Metodologia	Principais Resultados	Cobertura Analítica
Erumban (2024)	118 países (Emergentes e em desenvolvimento)	Examinar se a digitalização pode mitigar o impacto negativo da informalidade no crescimento da produtividade do trabalho agregado (1997-2017)	Abordagem de <i>growth accounting</i> Jorgensoniano e regressão de efeitos fixos baseada em função de produção neoclássica, incluindo um termo de interação entre TIC e informalidade	A informalidade é um entrave ao crescimento da produtividade. O aprofundamento do capital de TIC atua como moderador, reduzindo o impacto negativo da informalidade, embora o efeito seja modesto	Painel de dados macro internacionais. Estoque de capital TIC segmentado em <i>hardwares</i> , equipamentos de comunicação e <i>softwares</i> com a adição de uma variável <i>proxy</i> de penetração de <i>internet</i>
Kim <i>et al.</i> (2021)	15 países da EU	Encontrar evidências de <i>spillovers</i> domésticos da TIC na PTF, focando na conexão entre indústrias via comércio bilateral (2000-2014)	Dados em painel (KLEMS e WIOD). A externalidade doméstica das atividades de TIC foi ponderada pelo coeficiente de intensidade do comércio bilateral	<i>Spillovers</i> domésticos da TIC na PTF são encontrados apenas quando as indústrias estão conectadas por meio de comércio bilateral. A medida ponderada da externalidade mostrou-se positiva e estatisticamente significativa	Painel de dados internacionais em nível setorial. Investimento em TIC desagregado em ativos tangíveis e intangíveis
Edquist e Henrekson (2017)	Suécia	Estudar a influência de investimentos em TIC e P&D no crescimento da PTF, especialmente seus efeitos indiretos (1993-2013)	Modelo de <i>growth accounting</i> Jorgesiano e regressões relacionando serviços de capital de TIC e P&D à PTF	O capital de P&D exibe associação positiva e contemporânea com a PTF (retorno de 46%). O capital de TIC só mostra associação positiva com a PTF no longo prazo (atraso de sete a oito anos), principalmente devido a investimentos em <i>hardware</i>	Painel de dados em nível setorial. Investimentos em TIC discriminados entre ativos físicos e intangíveis

Autores	País/região	Objetivo	Metodologia	Principais Resultados	Cobertura Analítica
Pan <i>et al.</i> (2022)	Províncias chinesas (China)	Estudar a influência da economia digital na PTF, focando em seu papel como impulsionador da inovação (2010-2018)	Cálculo da PTF por abordagem dual; construção de índice de economia digital (PCA); Regressão <i>pooled</i> OLS	Relação não linear positiva (função parabólica) entre o índice da economia digital e a PTF provincial, com crescimento significativo após um ponto de inflexão. O efeito é particularmente forte e significativo nas regiões litorâneas do leste da China	Painel de dados em nível provincial. Economia digital mensurada por um índice composto construído via análise de componentes principais com métricas de infraestrutura, serviços e inovação

Fonte: Elaboração própria

3 METODOLOGIA

Este capítulo descreve a estratégia empírica utilizada para analisar as mudanças no produto brasileiro decorrentes do uso de TIC pela estrutura produtiva. A delimitação de setores adotada neste trabalho segue a definição da OECD (2020a) fundamentada na classificação ISIC (do inglês, *International Standard Industrial Classification of All Economic Activities*). Essa estrutura abrange o segmento de bens, representado pela Fabricação de computadores, produtos eletrônicos e ópticos (Divisão 26), e o segmento de serviços de TIC, composto pela Edição de software (classe 5820), pelas divisões de Telecomunicações (61) e Atividades dos serviços de tecnologia da informação (62), além dos grupos de Tratamento de dados, hospedagem e atividades relacionadas (631) e Reparação de computadores e equipamentos de comunicação (951). Segundo a Tabela de Correspondência (CNAE 2.0 x ISIC 4) do Concla (IBGE, 2007), essa estrutura equivale, na CNAE: à Divisão 26 (Seção C) de Fabricação de equipamentos de informática, produtos eletrônicos e ópticos; às Divisões que compõem a Seção J, *i.e.*, Informação e Comunicação; e ao Grupo 95.1 (Seção S), de Reparação e manutenção de equipamentos de informática e comunicação. O Quadro 6 apresenta essas atividades.

QUADRO 6 – Definição e escopo da indústria de TIC (CNAE 2.0)

Manufatura	
Divisão/Seção	C - Indústrias de transformação
26	Fabricação de equipamentos de informática, produtos eletrônicos e ópticos
Serviços	
Divisão/Seção	J - Informação e comunicação
58	Edição e edição integrada à impressão
59	Atividades cinematográficas, produção de vídeos e de programas de televisão; gravação de som e edição de música
60	Atividades de rádio e de televisão
61	Telecomunicações
62	Atividades dos serviços de tecnologia da informação
63	Atividades de prestação de serviços de informação
Divisão/Seção	S - Outras atividades de serviços
95	Reparação e manutenção de equipamentos de informática e comunicação (Grupo 95.1)

Fonte: Classificação Nacional de Atividades Econômicas - CNAE 2.0 (IBGE, 2006)

No entanto, apesar da relevância das atividades de reparação (Grupo 95.1), não é possível discriminá-las como serviços de TIC em matrizes de insumo-produto (MIPs) do SCN 2010

(nível 67). Essa limitação origina-se da agregação do Grupo 95.1 a outras atividades CNAE (não TIC) do Grupo 95.2 e das Divisões 94 e 96 para integrarem o setor de Organizações associativas e outros serviços pessoais (9480) na classificação das Atividades do SCN 2010. Em contrapartida, todas as outras indústrias TIC do Quadro 6 são reconhecidas nas MIPs do SCN 2010 (nível 67). Essas atividades são classificadas por diversos estudos como a indústria central de TIC ou da economia digital (*e.g.*, Barefoot *et al.*, 2018; Calvino *et al.*, 2018; Duc *et al.*, 2024; Feng *et al.*, 2022; OECD, 2020a; Zhang e Li, 2023). Embora os setores do SCN 2010 sejam mais agregados em relação à CNAE 2.0, a discriminação explícita das atividades econômicas de TIC é viável conforme o Quadro 7.

QUADRO 7 – Definição e escopo da indústria de TIC no SCN 2010 (nível 67)

Manufatura			
CNAE 2.0		Atividade SCN 2010	
Seção	Divisão	Cód.	Nome
C	26	2600	Fabricação de equipamentos de informática, produtos eletrônicos e ópticos
Serviços			
CNAE 2.0		Atividade SCN 2010	
Seção	Divisão	Cód.	Nome
J	58	5800	Edição e edição integrada à impressão
J	59 e 60	5980	Atividades de televisão, rádio, cinema e gravação/edição de som e imagem
J	61	6100	Telecomunicações
J	62 e 63	6280	Desenvolvimento de sistemas e outros serviços de informação

Fonte: Tradutor atividades SCN 2010 x CNAE 2.0 (IBGE, 2015)

Dessa maneira, a delimitação apresentada no Quadro 7 permite utilizar a série de 2010 a 2021 de MIPs (SCN 2010) de Alves-Passoni e Freitas (2022) para o foco deste trabalho. Disponibilizadas ao público geral por meio do portal do GIC (Grupo de Indústria e Competitividade) do IE-UFRJ, essas matrizes reconhecem explicitamente as atividades do Quadro 7. Em contrapartida, a série 2000-2021 não reconhece as atividades da Seção 26 da CNAE devido ao processo de harmonização entre o SCN 2000 e o SCN 2010, o que justifica a utilização da série menor (2010-2021). Como as linhas e colunas das MIPs foram agregadas antes da aplicação da técnica de decomposição estrutural, os segmentos TIC de manufatura e de serviços agrupam os seus respectivos subsetores listados no Quadro 7. Desse modo, na estrutura final, a atividade de manufatura recebeu a nomenclatura de “Equipamentos de

informática e comunicações” (S13), e os setores de serviços como “Serviços de informação” (S23). Assim, as matrizes finais reconhecem explicitamente esses dois segmentos.

As séries de MIPs anuais de Alves-Passoni e Freitas (2023) são construídas com base numa adaptação da metodologia de Grijó e Bêrni (2006). A abordagem se destaca por utilizar informações estruturais (*mark-downs*) de uma MIP-base oficial e o RAS Generalizado (GRAS, do inglês *Generalized RAS*) para o balanceamento biproporcional das matrizes. Esse tipo de balanceamento permite ao pesquisador “forçar” o equilíbrio contábil e a coerência estrutural de uma matriz de dados, com base em totais (restrições) considerados confiáveis ou exogenamente definidos. Assim, o processo garante que todas as matrizes da série sigam a estrutura metodológica do SCN 2010. Após essa série de etapas, as estimações do método proposto por Alves-Passoni e Freitas (2023) apresentaram menores erros de estimação do que outras abordagens (*e.g.*, Guilhoto e Sesso Filho; 2005, 2010), conforme verificado pelos próprios autores em uma comparação com a MIP oficial de 2015.

Como fonte secundária de dados, este trabalho utiliza a série de Matrizes de Absorção de Investimentos (MAIs) de 2010 a 2021, a preços correntes e a preços do ano anterior, estimadas por Miguez e Freitas (2021). Essas matrizes apresentam o vetor de formação bruta de capital fixo (FBCF) das Contas Nacionais discriminado por atividade econômica. Apesar da estrutura retangular produto-por-setor (91x49), é possível reconhecer (sob outras rubricas) os segmentos de produtos e serviços de TIC apresentados no Quadro 7, e agregá-las na mesma configuração das MIPs (26x26). Na ótica das linhas, a transição de produto para setor nas MAIs foi realizada com base na estrutura de produção de cada produto observada nas Tabelas de recursos (2000-2021) das MIPs de Alves-Passoni e Freitas (2022), que oferecem uma estrutura (91x42) semelhante às MAIs.

Portanto, de posse desse conjunto de dados, as tabelas de absorção de investimentos (MAIs) substituem o vetor coluna de FBCF das MIPs. Tal procedimento viabiliza a análise das mudanças na estrutura de formação de capital por atividade econômica, perspectiva inacessível via matrizes de insumo-produto convencionais. Nesse sentido, para o estudo das mudanças tecnológicas e de demanda decorrentes do uso de TICs na economia brasileira, a estratégia empírica fundamenta-se na análise de decomposição estrutural (SDA, do inglês, *Structural Decomposition Analysis*). A abordagem da SDA se mostra aderente a esse objetivo por permitir identificar contribuições específicas para mudanças estruturais. Tal método distingue-se de

ferramentas como o equilíbrio geral computável (EGC) e a econometria, cujas aplicações geralmente focam na avaliação de políticas e na mensuração de impactos, respectivamente.

A escassez de estudos de decomposição estrutural focados estritamente em TIC justifica o uso de referências que operam em múltiplos níveis de desagregação (Zhou, Zhou e Wang, 2018; Li *et al.*, 2025). Esse precedente respalda a arquitetura desta pesquisa ao demonstrar que analisar as contribuições de demanda pelos setores de TIC exige isolar os vínculos tecnológicos específicos para capturar fatores de mudança que seriam subestimados em uma análise agregada. Dessa forma, a técnica proposta na próxima seção identifica as mudanças de tecnologia, segmentadas entre coeficientes técnicos de insumos TIC e não TIC, e vai além da diferenciação dos usuários finais ao decompor as mudanças de demanda entre contribuições de nível, intensidade de TIC e composição (*mix*) de TIC.

3.1 Técnica de decomposição estrutural

O objetivo é identificar e quantificar as contribuições de 2 vetores principais: (i) tecnologia e (ii) demanda final. A contribuição tecnológica (i) quantifica o efeito de alterações de coeficientes técnicos TIC no crescimento da produção nacional. Já o fator de variação da demanda final (ii) quantifica como as alterações no nível, na composição da cesta TIC (entre manufatura e serviços) e na intensidade de uso de TICs pelos vetores de consumo privado e investimentos impulsionam a produção. Os demais usuários finais são quantificados em nível. O componente de mudança tecnológica (i) é computado a partir das variações na matriz inversa de Leontief ($\Delta \mathbf{L}$) e mensura como mudanças na estrutura produtiva impactam a demanda de TIC. Já a matriz $\mathbf{L}$ descreve a estrutura completa de interdependência de uma economia, pois permite mensurar os efeitos diretos e indiretos que ocorrem em virtude das relações intra e interindustriais. Tradicionalmente, a matriz de requisitos totais ($\mathbf{L}$) é o ponto de partida para aplicação de diversas técnicas de insumo produto (Miller; Blair, 2009; Skolka, 1989). Em sua versão simples, o modelo de insumo-produto pode ser representado matematicamente para uma economia com n setores, em notação matricial, como:

$$\mathbf{x} = (\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1} \mathbf{f} = \mathbf{L} \mathbf{f} \quad (1)$$

O termo $\mathbf{x}$ é o vetor de valor bruto da produção (VBP) dos n setores da economia. $\mathbf{I}$ é uma matriz identidade ($n \times n$), $\mathbf{A}$ é a matriz de coeficientes técnicos (consumo intermediário/VBP)

e $\mathbf{f}$ é o vetor da demanda final pelos produtos dos n setores, que inclui: consumo das famílias, investimentos, gastos do governo, exportações, variações de estoque, e consumo de instituições sem fins lucrativos. A matriz $\mathbf{L} = (\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}$ é a matriz inversa de Leontief ($n \times n$), ou matriz de requisitos totais; nela, cada um de seus elementos representa uma parcela do efeito total (direto e indireto) que é gerado pelo choque de 1 unidade monetária na demanda final por um produto específico. O efeito total é obtido pela agregação desses elementos na ótica da produção (colunas).

Um estímulo inicial na demanda final pelo produto de um setor gera uma primeira rodada de produção direta (captada pelos coeficientes técnicos) que, por sua vez, demanda insumos, o que acarreta uma segunda rodada de produção, e assim sucessivamente. Dada sua estrutura matemática, a inversa de Leontief pode ser compreendida como a soma convergente de todas essas rodadas de efeitos em cascata, representadas pela série de potências $\mathbf{I} + \mathbf{A} + \mathbf{A}^2 + \mathbf{A}^3 + \dots$, em que cada potência sucessiva da matriz tecnológica ($\mathbf{A}$) capta os requisitos de produção indiretos cada vez mais distantes na cadeia produtiva. Em suma, a inversa de Leontief é uma expressão matemática consolidada da estrutura tecnológica e das complexas relações produtivas de uma economia, que transforma a tecnologia direta de cada setor em um mapa completo dos caminhos de influência e dependência econômica. Por isso, é tradicionalmente tratada como matriz de requisitos totais.

Com o uso da inversa de Leontief para a análise da variação na produção total ($\Delta \mathbf{x}$) entre um período inicial (0) e um final (1), a técnica de decomposição estrutural (SDA, do inglês *Structural Decomposition Analysis*) permite desagregar essa métrica. O procedimento identifica e quantifica a parcela correspondente às mudanças na tecnologia e na estrutura interindustrial da economia, bem como a parcela oriunda de alterações na demanda final pelos produtos de cada setor. Em níveis subsequentes de decomposição, torna-se possível quantificar diferentes determinantes da variação na produção.

A mudança atribuída à demanda final ($\Delta \mathbf{f}$) pode ser decomposta em efeitos de nível agregado e de composição, o que diferencia o impacto do crescimento econômico geral daquele de mudanças nos padrões de consumo específicos. Já a mudança atribuída à estrutura tecnológica ($\Delta \mathbf{L}$) pode ser decomposta para indicar como a variação nos coeficientes técnicos ($\Delta \mathbf{A}$) impactou a matriz de requisitos totais. Essa análise permite quantificar a contribuição de alterações em coeficientes específicos sobre a variação total da produção (e.g. o aumento da

intensidade do uso de insumos de TIC por determinado setor). Diante dessas considerações, a variação da produção total ($\Delta \mathbf{x}$) é definida como:

$$\Delta \mathbf{x} = \mathbf{x}^1 - \mathbf{x}^0 = \mathbf{L}^1 \mathbf{f}^1 - \mathbf{L}^0 \mathbf{f}^0 \quad (2)$$

Os sobrescritos referem-se aos períodos. O próximo passo é decompor a Equação 2 em mudança tecnológica (capturada em $\Delta \mathbf{L} = \mathbf{L}^1 - \mathbf{L}^0$) e da mudança na demanda final (capturada em $\Delta \mathbf{f} = \mathbf{f}^1 - \mathbf{f}^0$). Para isso, adiciona-se e subtrai-se um termo híbrido, de modo que a igualdade é mantida.

Este trabalho segue a abordagem proposta por Vaccara e Simon (1968) para a decomposição estrutural, que utiliza duas formas polares de ponderação para separar o impacto da tecnologia e o impacto da demanda. Essas formas polares representam as duas opções extremas (os polos temporais) que podem ser escolhidas como base de referência ou peso ao tentar isolar esses efeitos. O primeiro polo fixa a demanda no ano inicial para medir o impacto da mudança tecnológica, e fixa a tecnologia no ano final para medir a mudança na demanda (Vaccara; Simon, 1968). Assim, essa forma polar utiliza a tecnologia do período final ($\mathbf{L}^1$) e a demanda final do período inicial ($\mathbf{f}^0$) como peso, de forma análoga a um indicador de (Laspeyres, 1871):

$$\Delta \mathbf{x} = \mathbf{L}^1 \mathbf{f}^1 - \mathbf{L}^0 \mathbf{f}^0 = \mathbf{L}^1 \mathbf{f}^1 - \mathbf{L}^1 \mathbf{f}^0 + \mathbf{L}^1 \mathbf{f}^0 - \mathbf{L}^0 \mathbf{f}^0 = \mathbf{L}^1 (\mathbf{f}^1 - \mathbf{f}^0) + (\mathbf{L}^1 - \mathbf{L}^0) \mathbf{f}^0 \quad (3)$$

Na Equação 3, o termo $\mathbf{L}^1 \mathbf{f}^0$ é adicionado e subtraído, assim obtém-se:

$$\Delta \mathbf{x} = \mathbf{L}^1 \Delta \mathbf{f} + \Delta \mathbf{L} \mathbf{f}^0 \quad (4)$$

O segundo polo reflete a perspectiva diametralmente oposta: isola o impacto da tecnologia multiplicando-a pela demanda do ano final, e isola o impacto da demanda multiplicando-a pela tecnologia presa no ano inicial (Vaccara; Simon, 1968). A outra forma polar, análoga a um indicador de (Paasche, 1874), utiliza a tecnologia do período inicial ($\mathbf{L}^0$) e a demanda final do período final ($\mathbf{f}^1$) como pesos:

$$\Delta \mathbf{x} = \mathbf{L}^1 \mathbf{f}^1 - \mathbf{L}^0 \mathbf{f}^0 = \mathbf{L}^1 \mathbf{f}^1 - \mathbf{L}^0 \mathbf{f}^1 + \mathbf{L}^0 \mathbf{f}^1 - \mathbf{L}^0 \mathbf{f}^0 = (\mathbf{L}^1 - \mathbf{L}^0) \mathbf{f}^1 + \mathbf{L}^0 (\mathbf{f}^1 - \mathbf{f}^0) \quad (5)$$

Na Equação 5, o termo $\mathbf{L}^0 \mathbf{f}^1$, é adicionado e subtraído para se obter:

$$\Delta \mathbf{x} = \Delta \mathbf{L} \mathbf{f}^1 + \mathbf{L}^0 \Delta \mathbf{f} \quad (6)$$

Para evitar o "problema do número-índice", *i.e.*, o viés de escolher um período como base, a literatura recomenda o uso da média aditiva das duas decomposições (Equações 4 e 6), o que permite contornar resultados distintos ao ponderar os componentes de mudança pelo período inicial ou final. Utilizar a média aritmética dessas duas formas é uma solução que atribui pesos iguais a ambos os períodos. Em um estudo comparativo, Dietzenbacher e Los (1998) verificaram que essa abordagem mitiga o viés de ponderação e elimina a necessidade de um termo de interação residual, cuja interpretação econômica é frequentemente ambígua. Os autores constatarem que a abordagem das médias polares fornece uma aproximação precisa da média de todas as permutações possíveis, o que justifica sua adoção como uma solução prática em estudos empíricos (Dietzenbacher; Los, 1998).

Por sua vez, Dietzenbacher e Los (1997) demonstraram que os resultados agregados não apresentam divergência significativa em relação ao tipo de decomposição e o intervalo dos dados. Por outro lado, a sensibilidade dos resultados setoriais em relação à fórmula escolhida é diretamente proporcional ao intervalo de tempo analisado; portanto, as divergências tendem a crescer com a expansão do período entre os pontos de observação. Especificamente, para períodos curtos, os desvios-padrão entre as diferentes fórmulas de decomposição são extremamente baixos, o que torna a escolha do método de cálculo pouco influente sobre o resultado final (Dietzenbacher e Los, 1997). Destarte, como este trabalho emprega uma decomposição ano-a-ano (*i.e.*, com defasagem de um ano entre cada decomposição) entre 2010 e 2021, esses recortes marginais reduzem as divergências estatísticas e conferem maior estabilidade à análise dos componentes de mudança estrutural em nível setorial.

Assim, ao somar as Equações 4 e 6 e dividir por dois, obtém-se a definição de decomposição pela média, na Equação 7:

$$\Delta \mathbf{x} = \left(\frac{1}{2}\right) (\Delta \mathbf{L})(\mathbf{f}^0 + \mathbf{f}^1) + \left(\frac{1}{2}\right) (\mathbf{L}^0 + \mathbf{L}^1) \Delta \mathbf{f} \quad (7)$$

O primeiro termo $\left[\left(\frac{1}{2}\right) (\Delta \mathbf{L})(\mathbf{f}^0 + \mathbf{f}^1)\right]$ representa a contribuição das alterações de tecnologia, pois mensura as mudanças na produção ($\Delta \mathbf{x}$) devido exclusivamente às mudanças na estrutura produtiva da economia, capturadas pela variação na matriz de Leontief ($\Delta \mathbf{L}$). O resultado deste

termo indica qual teria sido a mudança na produção se apenas a tecnologia tivesse mudado, com a demanda final constante em seu nível médio entre os dois períodos. As mudanças em $\mathbf{L}$ podem refletir alterações de eficiência, substituição de insumos e na forma como os setores estão interligados. Por sua vez, o segundo termo $\left[\left(\frac{1}{2}\right)(\mathbf{L}^0 + \mathbf{L}^1)\Delta\mathbf{f}\right]$ representa a contribuição da mudança na demanda final, ele mensura o impacto sobre a produção ($\Delta\mathbf{x}$) devido (exclusivamente) às mudanças no nível e na composição da demanda final ($\Delta\mathbf{f}$).

Para analisar o nível subsequente (2º) e decompor a mudança tecnológica, a identidade $\Delta\mathbf{L} = \mathbf{L}^0(\Delta\mathbf{A})\mathbf{L}^1$ expressa esta diferença em termos de $\Delta\mathbf{A} = \mathbf{A}^1 - \mathbf{A}^0$. Assim a contribuição tecnológica torna-se:

$$\left(\frac{1}{2}\right)(\mathbf{L}^0(\Delta\mathbf{A})\mathbf{L}^1)(\mathbf{f}^0 + \mathbf{f}^1) \quad (8)$$

Por outro lado, no terceiro nível a mudança na matriz de coeficientes técnicos ($\Delta\mathbf{A}$) pode ser particionada entre os coeficientes técnicos de TIC e não TIC ($\Delta\mathbf{A} = \Delta\mathbf{A}_{TIC} + \Delta\mathbf{A}_{nao_TIC}$). Este procedimento de partição matricial guarda convergência com as abordagens de decomposição hierárquica observadas em Li *et al.* (2025), as quais isolam as linhas da matriz tecnológica correspondentes aos insumos digitais para capturar os efeitos de composição na estrutura de produção, enquanto Zhou, Zhou e Wang (2018) aprofundam essa técnica para isolar especificamente os efeitos de substituição e intensidade setorial. Sob esta ótica, a Equação 9 desagrega a contribuição da mudança tecnológica ao distinguir o aprofundamento do uso intermediário de TICs das variações tecnológicas residuais da estrutura produtiva:

$$\left(\frac{1}{2}\right)[\mathbf{L}^0(\Delta\mathbf{A}_{TIC})\mathbf{L}^1(\mathbf{f}^0 + \mathbf{f}^1)] + \left(\frac{1}{2}\right)[\mathbf{L}^0(\Delta\mathbf{A}_{nao_TIC})\mathbf{L}^1](\mathbf{f}^0 + \mathbf{f}^1) \quad (9)$$

O termo $\mathbf{L}^0(\Delta\mathbf{A}_{TIC})\mathbf{L}^1$ é a contribuição das variações de intensidade de TICs (endógenas), as quais medem especificamente a contribuição para a mudança do produto ($\Delta\mathbf{x}$) derivada do aumento ou da redução no uso de insumos de TIC por unidade de produto. A matriz $\Delta\mathbf{A}_{TIC}$ é de dimensão 26x26 e contém apenas as mudanças nos coeficientes de insumos dos setores TIC, e zeros nas demais linhas. Sendo assim, $\Delta\mathbf{A}_{TIC}$ quantifica o aprofundamento (ou não) do uso intermediário de TICs por todas as indústrias da economia. Por outro lado, o termo $\mathbf{L}^0(\Delta\mathbf{A}_{nao_TIC})\mathbf{L}^1$ representa as mudanças tecnológicas residuais, ao capturar o impacto de todas

as outras mudanças tecnológicas (*e.g.* eficiência no uso de energia, substituição entre materiais não TIC) sobre o vetor de produção total ($\mathbf{x}$) dos n setores.

Essa aproximação matemática conecta a mudança observada na matriz de requisitos totais ($\Delta\mathbf{L}$), que agrega todas as relações intersetoriais, à sua causa direta, que é a mudança na matriz de tecnologia de produção ($\Delta\mathbf{A}$). Ao decompor $\Delta\mathbf{A}$ em componentes de interesse, essa relação nos permite quantificar precisamente como alterações específicas nas tecnologias de produção de cada setor contribuem para a mudança estrutural de toda a economia. Essa decomposição entre os coeficientes $\Delta\mathbf{A}_{\text{TIC}}$ e $\Delta\mathbf{A}_{\text{não-TIC}}$ “dentro” das variações de tecnologia mensura como alterações na intensidade do uso de TIC e a intensidade do uso de outros insumos contribuem para a mudança estrutural de toda a economia. O uso dessas submatrizes permite capturar tanto os efeitos diretos das indústrias de TIC quanto os efeitos indiretos resultantes dos vínculos intersetoriais (Li *et al.*, 2025; Wang *et al.*, 2024).

Para isolar a contribuição das mudanças de demanda final, $(1/2)(\mathbf{L}^0 + \mathbf{L}^1)\Delta\mathbf{f}$, da Equação 7, é conveniente desagregar o vetor de demanda final ($\mathbf{f}$) como na Equação 10:

$$\mathbf{f} = \mathbf{f}_C + \mathbf{f}_I + \mathbf{f}_O \quad (10)$$

$\mathbf{f}_C$ é o vetor de Consumo das Famílias, $\mathbf{f}_I$ é vetor de formação bruta de capital fixo, e $\mathbf{f}_O$ é um vetor agregado dos usuários da demanda final (governo, exportações etc.). Por seu turno, em um terceiro nível, o vetor $\mathbf{f}_C$ pode ser desagregado como na Equação 11:

$$\mathbf{f}_C = f_C \cdot \mathbf{s}_C \cdot \mathbf{p}_C \quad (11)$$

f_C é um escalar, em nível e representa o valor total do consumo das famílias por todos os produtos, *i.e.*, é a soma do vetor de consumo das famílias. $\mathbf{s}_C$ é um vetor de intensidade de TIC (26×1) no consumo das famílias, em que as linhas dos produtos e serviços de TIC têm os valores de suas respectivas participações no consumo total das famílias. Os demais elementos de $\mathbf{s}_C$ recebem valor zero. A variação neste vetor indica a intensidade do consumo de TICs pelas famílias, independentemente das oscilações no consumo total. Já o vetor $\mathbf{p}_C$ descreve a composição interna da demanda das famílias em TICs para as indústrias de produtos e serviços de TIC discriminados nas MIPs. Os elementos de $\mathbf{p}_C$ mostram a participação de cada

produto/serviço TIC no total consumido em TICs. Os demais elementos do vetor são zero, assim a contribuição que decorre de mudanças de consumo em relação à TIC é isolada.

De forma análoga à derivação para o tratamento do vetor das famílias ($\mathbf{f}_C$), o vetor de investimentos ($\mathbf{f}_I$) da Equação 10 é desagregado da seguinte forma:

$$\mathbf{f}_I = f_I \cdot \mathbf{s}_I \cdot \mathbf{p}_I \quad (12)$$

em que f_I corresponde um número escalar do valor total do investimento em todos os produtos da economia (soma de todos os elementos do vetor de FBCF). Sua variação (Δf_I) captura o crescimento (ou declínio) macroeconômico do investimento. $\mathbf{s}_I$ é um vetor (26x1) que mede a intensidade de TIC para formação de capital. Para as suas 2 linhas de TIC, os elementos correspondentes contêm a participação do investimento naquele produto TIC em relação ao investimento total. Para todos os outros 24 produtos, os elementos são zero. A variação desse vetor ($\Delta \mathbf{s}_I$) captura se a economia está, em termos relativos, a investir mais ou menos em TICs, independentemente do crescimento do investimento total. $\mathbf{p}_I$ é um vetor (26x1) que descreve a composição interna do investimento em TICs, em que para os 4 produtos TIC, os elementos mostram a participação de cada um no total investido em TICs. Os outros 24 elementos são zero. A variação desse vetor ($\Delta \mathbf{p}_I$) captura as alterações entre diferentes tecnologias de TIC (e.g., mais investimento em produto e menos em serviço).

Assim, a decomposição da variação do consumo das famílias ($\Delta \mathbf{f}_C$) e da formação bruta de capital fixo ($\Delta \mathbf{f}_I$) é realizada conforme as Equações 13 e 14:

$$\begin{aligned} \Delta \mathbf{f}_C = & \left(\frac{1}{2}\right) (\Delta f_C) [\mathbf{s}_C^0 \mathbf{p}_C^0 + \mathbf{s}_C^1 \mathbf{p}_C^1] + \left(\frac{1}{2}\right) (f_C^0 + f_C^1) \left[\left(\frac{1}{2}\right) (\Delta \mathbf{s}_C) (\mathbf{p}_C^0 + \mathbf{p}_C^1) \right] + \\ & + \left(\frac{1}{2}\right) (f_C^0 + f_C^1) \left[\left(\frac{1}{2}\right) (\mathbf{s}_C^0 + \mathbf{s}_C^1) (\Delta \mathbf{p}_C) \right] \end{aligned} \quad (13)$$

$$\begin{aligned} \Delta \mathbf{f}_I = & \left(\frac{1}{2}\right) (\Delta f_I) (\mathbf{s}_I^0 \mathbf{p}_I^0 + \mathbf{s}_I^1 \mathbf{p}_I^1) + \left(\frac{1}{2}\right) (f_I^0 + f_I^1) \left[\left(\frac{1}{2}\right) (\Delta \mathbf{s}_I) (\mathbf{p}_I^0 + \mathbf{p}_I^1) \right] + \\ & + \left(\frac{1}{2}\right) (f_I^0 + f_I^1) \left[\left(\frac{1}{2}\right) (\mathbf{s}_I^0 + \mathbf{s}_I^1) (\Delta \mathbf{p}_I) \right] \end{aligned} \quad (14)$$

A variação no vetor de consumo das famílias ($\Delta \mathbf{f}_C$), dada pela Equação 13, e a variação no vetor de investimentos ($\Delta \mathbf{f}_I$), dada pela Equação 14, de maneira análoga, são decompostas em três mudanças aditivas distintas. Este nível também utiliza a média dos pesos para garantir a robustez e eliminar resíduos, assim como no 1º nível da decomposição (Equação 7). O primeiro termo das Equações 13 e 14 isola as contribuições de variação em nível, da demanda total das famílias (Δf_C) e da formação bruta de capital fixo (Δf_I), respectivamente, com a intensidade e composição do uso de TIC constante em torno da média.

As contribuições de mudanças na intensidade de TIC, representadas pelo segundo termo das Equações 13 e 14, mensuram os efeitos na intensidade do uso de TIC mantendo-se as demandas totais, f_C e f_I (em nível), e a composição da demanda de TIC ($\mathbf{p}_C$ e $\mathbf{p}_I$) constantes em torno da média. O terceiro e último termo das Equações 13 e 14, mensura as contribuições das mudanças de composição de TIC, entre produtos e serviços, mantendo-se constantes os níveis totais de demanda e intensidade. A fórmula decompõe a variação de forma simétrica e sem resíduos, como uma extensão da lógica da decomposição de dois fatores.

A repetição do fator (1/2) nas camadas subsequentes da SDA garante que esta nova decomposição em três fatores seja igualmente simétrica e sem resíduos. Dessa forma, enquanto na Equação 7 o termo (1/2) faz o balanceamento entre variações tecnológicas e de demanda final, as camadas subsequentes repetem a mesma estrutura de ponderação, seja para desagregar os vetores em dois (Equação 9) ou três componentes aditivos (Equações 13 e 14), para que seja mantida a igualdade da primeira camada (Equação 7).

Finalmente, a equação completa da variação do produto total ($\Delta \mathbf{x}$), utilizada na SDA proposta nesta dissertação, é consolidada pela Equação 15, em que as variações na demanda das famílias ($\Delta \mathbf{f}_C$) e nos investimentos ($\Delta \mathbf{f}_I$) são apresentadas de forma agregada. Desse modo, ao somar as contribuições de tecnologia (Equação 9) às contribuições da demanda final (13 e 14), e a contribuição da mudança de todos os demais componentes da demanda final ($\Delta \mathbf{f}_O$), a fórmula geral da média aditiva (Equação 7) transforma-se em:

$$\Delta \mathbf{x} = \left(\frac{1}{2}\right) [\mathbf{L}^0(\Delta \mathbf{A}_{\text{TIC}})\mathbf{L}^1(\mathbf{f}^0 + \mathbf{f}^1)] + \left(\frac{1}{2}\right) [\mathbf{L}^0(\Delta \mathbf{A}_{\text{nãoTIC}})\mathbf{L}^1(\mathbf{f}^0 + \mathbf{f}^1)] + \quad (15)$$

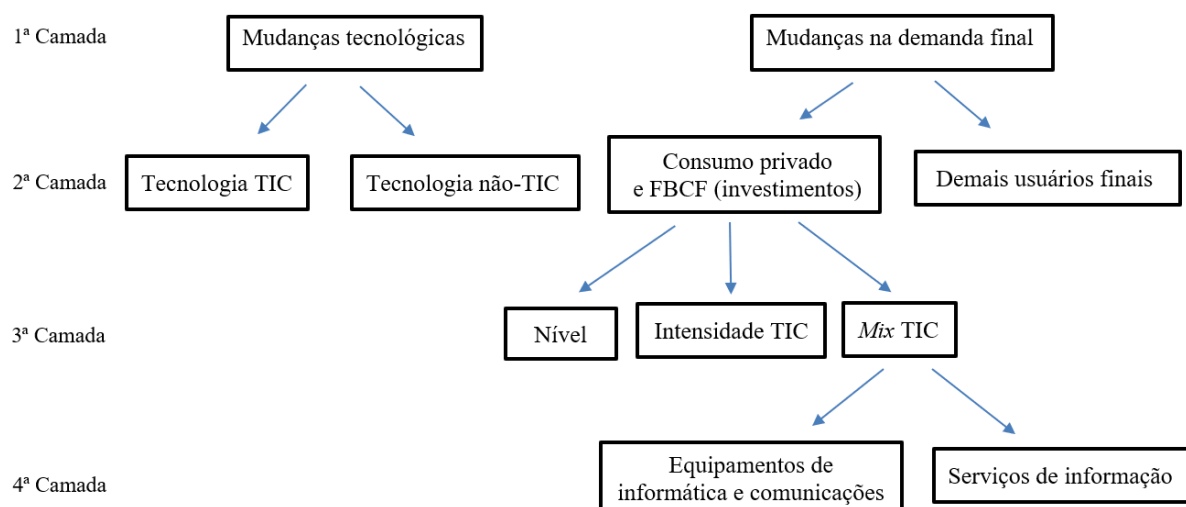
$$+ \left(\frac{1}{2}\right) (\mathbf{L}^0 + \mathbf{L}^1) [\Delta \mathbf{f}_C] + \left(\frac{1}{2}\right) (\mathbf{L}^0 + \mathbf{L}^1) [\Delta \mathbf{f}_I] + \left(\frac{1}{2}\right) (\mathbf{L}^0 + \mathbf{L}^1) [\Delta \mathbf{f}_O]$$

A Equação 15, portanto, consolida cada um dos componentes de variação do crescimento do VBP nacional. Cabe ressaltar que parte dos efeitos das mudanças tecnológicas e de demanda vaza para o exterior. Assim, de modo complementar, o crescimento das importações brasileiras é decomposto sob a mesma arquitetura metodológica aplicada à decomposição do VBP nacional (sintetizada na Equação 15). Contudo, o modelo específico das importações é construído estritamente a partir das matrizes de coeficientes técnicos importados ($\mathbf{A}_{\text{imp}}$) e das variações nos vetores de demanda final de origem estrangeira ($\mathbf{f}_{\text{imp}}$). Esse procedimento permite obter as matrizes de requisitos totais de Leontief importadas $\Delta \mathbf{L}_{\text{imp}}$, as quais capturam os efeitos de mudanças tecnológicas e de demanda que “vazam” para economias externas, *i.e.*, que reverberam nas estruturas produtivas de países estrangeiros.

$$\Delta \mathbf{m} = \left(\frac{1}{2}\right) (\Delta \mathbf{L}_{\text{imp}}) (\mathbf{f}_{\text{imp}}^0 + \mathbf{f}_{\text{imp}}^1) + \left(\frac{1}{2}\right) (\mathbf{L}_{\text{imp}}^0 + \mathbf{L}_{\text{imp}}^1) \Delta \mathbf{f}_{\text{imp}} \quad (16)$$

Em que o primeiro termo da Equação 16, $\left(\frac{1}{2}\right) (\Delta \mathbf{L}_{\text{imp}}) (\mathbf{f}_{\text{imp}}^0 + \mathbf{f}_{\text{imp}}^1)$, representa o efeito tecnológico vazado para o exterior e replica a mesma decomposição interna de coeficientes detalhada na Equação 7. Por sua vez, o segundo termo, $\left(\frac{1}{2}\right) (\mathbf{L}_{\text{imp}}^0 + \mathbf{L}_{\text{imp}}^1) \Delta \mathbf{f}_{\text{imp}}$, constitui o efeito demanda final. Esse componente adota a exata estrutura de decomposição interna dos vetores de consumo privado e de investimentos setoriais (FBCF) expressa nas Equações 13 e 14, acrescida da parcela correspondente aos demais vetores de demanda final importada, representada por $\left(\frac{1}{2}\right) (\mathbf{L}_{\text{imp}}^0 + \mathbf{L}_{\text{imp}}^1) [\Delta \mathbf{f}_{O_{\text{imp}}}]$.

FIGURA 2 – Estrutura analítica da decomposição do crescimento do VBP nacional e importações



Fonte: Elaboração própria

A Figura 2 apresenta um fluxograma hierárquico que ilustra a estratégia da análise de decomposição estrutural aplicada na pesquisa. Cabe ressaltar uma distinção analítica entre a decomposição do produto nacional e a decomposição das importações. As contribuições tecnológicas calculadas pelas variações da matriz de coeficientes nacionais não refletem exclusivamente o progresso técnico puro, uma vez que ele incorpora alterações técnicas com mudanças no padrão de comércio, *e.g.*, de penetração ou substituição de importações. Um setor pode apresentar redução em seus coeficientes técnicos domésticos por inovações de processo ou por simples desvio de comércio em favor de fornecedores estrangeiros. Nesse sentido, a decomposição das importações atua como o contrapeso analítico necessário. Enquanto o modelo do VBP mensura o poder de encadeamento e a retenção dos ganhos na estrutura produtiva interna, a decomposição das importações quantifica o vazamento (*leakage*) desses estímulos para o exterior. A próxima seção explora a base de dados da pesquisa.

3.2 Base de dados

Esta pesquisa utiliza como fonte primária de dados as matrizes de insumo-produto (MIPs) de Alves-Passoni e Freitas (2022, 2023) e, como fonte secundária, as matrizes de absorção de investimentos (MAIs). O banco de dados foi projetado para capturar mudanças na estrutura da economia brasileira em função do uso de TICs. Para tanto, foi necessário realizar a correspondência e a agregação dos setores tanto na série de MIPs quanto nas MAIs, com o

objetivo de preservar os setores TIC e seus principais fornecedores e consumidores. As subseções a seguir discutem a estrutura do Sistema de Contas Nacionais, o processo de estimação das MIPs e das MAIs, e o processo de agregação setorial. Além disso, realiza-se uma análise descritiva dessas matrizes a fim de explorar as informações sobre o uso de TIC pela estrutura produtiva brasileira no período de 2010 a 2021. Embora a seção sobre o Sistema de Contas Nacionais explore algumas estatísticas sobre os setores TIC a partir das Tabelas de Recursos e Usos e MIPs oficiais do IBGE, essas informações servem como contextualização para o tema e, portanto, não são utilizadas como base de dados deste trabalho.

3.2.1 A TIC e os dados do Sistema de Contas Nacionais (SCN)

O Sistema de Contas Nacionais (SCN), divulgado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), tem como propósito fornecer uma estrutura para a análise e o acompanhamento macroeconômico da economia do país. Para construir essa visão abrangente da economia, o SCN utiliza como base estrutural duas ferramentas metodológicas principais: as Tabelas de Recursos e Usos (TRUs) e as Contas Econômicas Integradas (CEIs). As TRUs são consideradas um ponto de partida porque oferecem uma estrutura detalhada e desagregada do processo de produção e dos fluxos de bens e serviços na economia, o que permite discriminar a origem e o destino dos produtos. As TRUs detalham como os bens e serviços são produzidos (recursos) e como são utilizados (usos) pelas atividades econômicas. Isso inclui a produção nacional, as importações, o consumo intermediário, o consumo final, a formação bruta de capital fixo e a variação de estoques. As TRUs também permitem estudar os aspectos básicos do processo de produção, como a estrutura de insumos e a estrutura de produtos por atividade. Essas tabelas são a base para a elaboração das matrizes de insumo-produto, que por sua vez, permitem analisar as interdependências entre os diferentes setores e quantificar como o produto interno bruto (PIB) e a renda são gerados. O trabalho de elaboração das TRUs começa com o esforço de igualar a oferta e a demanda por produto, o que garante a coerência de todo o sistema (Feijó, 2013; IBGE, 2016).

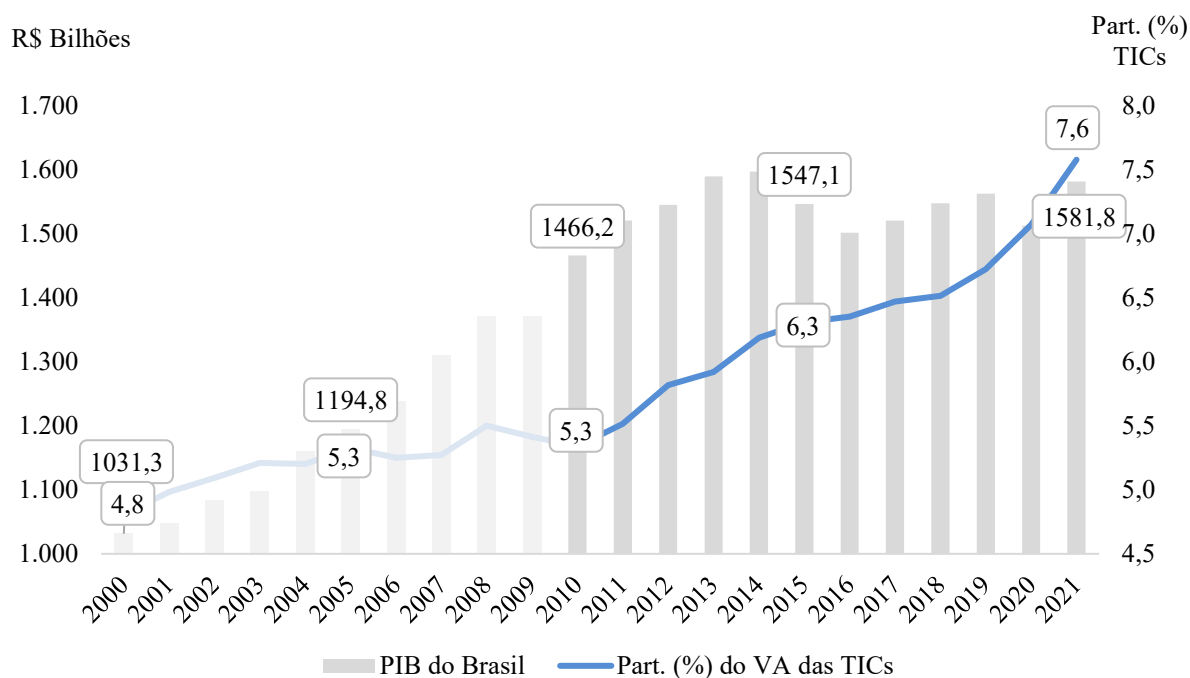
A transição das TRUs para as CEIs é o ponto de articulação central do SCN. As TRUs, ao detalharem a origem e o destino dos produtos, fornecem a estrutura desagregada do processo produtivo em termos de atividades econômicas e produtos. O saldo da conta de produção, obtido a partir da coerência entre oferta e demanda nas TRUs, é o Valor Adicionado Bruto (VAB). O VAB é, portanto, o elemento que permite a passagem da ótica detalhada da produção (TRUs)

para a ótica dos setores institucionais (CEIs). As CEIs constituem o núcleo central do SCN, pois oferecem uma visão de conjunto da economia organizada pelos agentes econômicos (setores institucionais, como famílias e governo). Nas CEIs, o VAB gerado é utilizado para iniciar a sequência de contas inter-relacionadas de fluxos que descrevem os fenômenos econômicos essenciais: produção, distribuição e uso da renda, e acumulação (capital e financeira). Em síntese, as TRUs garantem a coerência detalhada da produção e insumos (VAB), e as CEIs utilizam esse VAB como base para rastrear a renda e a acumulação através dos setores institucionais (IBGE, 2016).

Apesar das TRUs fornecerem informações a preços de mercado sobre a estrutura de produção, ao contrário das MIPs, que são mensuradas a preços básicos. Além disso, outro diferencial das MIPs é discriminar oferta nacional e importada. No entanto, é pertinente realizar uma pré-análise da evolução da indústria de TIC na economia brasileira através das TRUs oficiais, pois elas são a base para a estimação de matrizes insumo-produto. Nesse sentido, a partir da série retropolada de TRUs (nível 51), de 2000 a 2021 (IBGE, 2023c), variáveis sobre os setores de TIC, como valor adicionado (VA) e uso intermediário pelos setores, foram calculadas a preços constantes de 2000 e plotadas nos Gráficos 1 e 2. É relevante destacar que os dados explorados nesta Seção não integram a base de dados do presente trabalho. O objetivo é apenas explorar informações oficiais de interesse para o problema desta dissertação. A decomposição estrutural do capítulo 4 utiliza MIPs anuais estimadas por Alves-Passoni e Freitas (2022, 2023).

Para iniciar o panorama contextual dos setores TICs na economia brasileira, o Gráfico 1 apresenta a participação do agregado destas atividades (manufatura e serviços) definidas no Quadro 6, no produto interno bruto (PIB). A representatividade do valor adicionado (VA) das TIC elevou-se de 4,8% para 7,6% entre 2000 e 2021 (Gráfico 1). Esses setores apresentaram variação média anual duas vezes superior à do PIB brasileiro (IBGE, 2023b) e mantiveram taxas positivas, inclusive em períodos de retração econômica (2014-2016) (Gráfico 1). De acordo com a Tabela 10.4 das TRUs de 2000 a 2021 (IBGE, 2023b), deflacionada a preços constantes de 2000 (Gráfico 1), este salto de participação foi o maior entre todos os setores da economia e, em 2021, o VA das atividades de TICs alcançou a quinta maior posição no *ranking* setorial (IBGE, 2023b).

GRÁFICO 1 – Evolução da participação do valor adicionado da indústria de TIC no PIB (2000-2021) a preços constantes de 2000 e preços de mercado



Fonte: Série retropolada de TRUs (nível 51) do Sistema de Contas Nacionais, Tabela 10.4 (IBGE, 2023b).

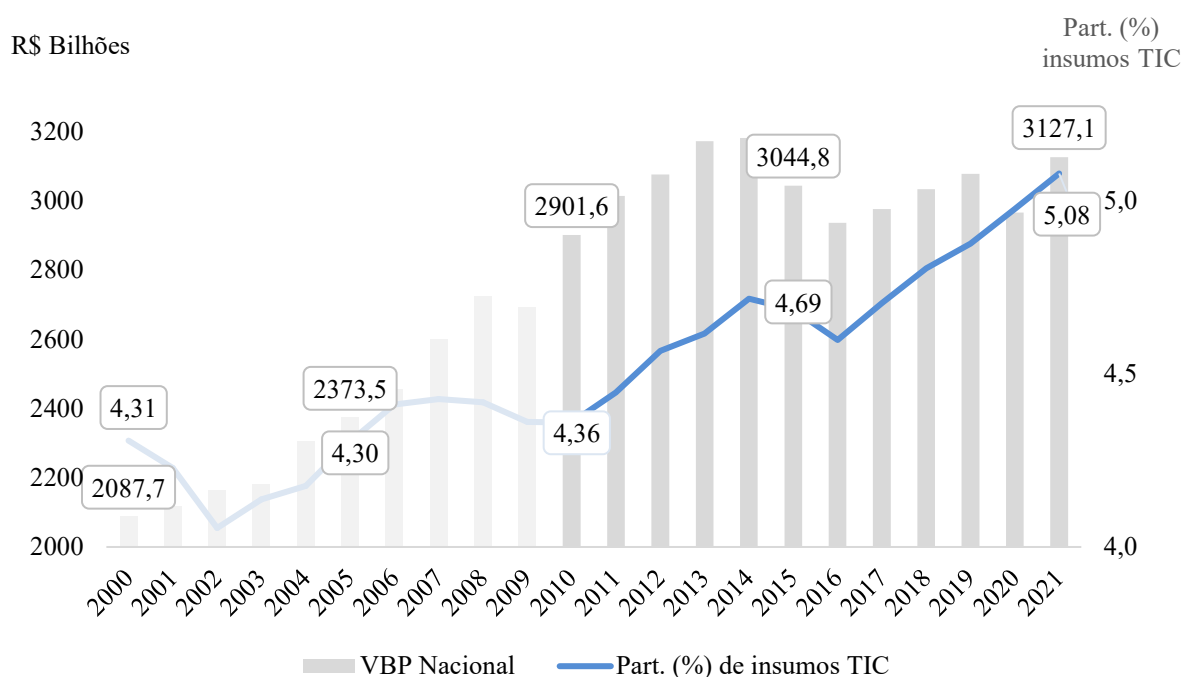
Nota: Preços constantes calculados via índices de volume. O período destacado no gráfico (2010-2021) delimita o escopo temporal da análise de decomposição estrutural realizada nos capítulos subsequentes.

No recorte temporal de 2010 a 2021, período objeto de análise central desta dissertação, a expansão do agregado de manufatura e serviços de TIC posicionou-se no patamar mais elevado da economia nacional. O crescimento acumulado do VA desses setores atingiu a marca de 52,2%. Esse desempenho superou a evolução de todas as demais atividades, seguido pelo setor de Defensivos Agrícolas (44%) e pela Agricultura, Silvicultura e Exploração Florestal (42,7%). Sob a ótica da participação do VA setorial no PIB (2010-2021), o segmento de TIC também apresentou o maior incremento estrutural. A representatividade dessas atividades avançou aproximadamente 2,2 pontos percentuais (Gráfico 1), seguido pelas Atividades Imobiliárias (2,1 pontos percentuais) e pela Agricultura (1,4 ponto percentual), segundo a série retropolada das TRUs (2000-2021) (IBGE, 2023b) a preços constantes de 2000.

O Gráfico 2 apresenta a trajetória do total da matriz de demanda intermediária por produtos e serviços de TIC e sua participação no valor bruto da produção (VBP) nacional. Esse indicador permite observar a intensidade com que a estrutura produtiva absorve tais insumos como componentes de seu processo de transformação e prestação de serviços. Entre 2000 e 2021,

constatou-se a crescente internalização dessas tecnologias no sistema produtivo: a participação dos insumos de TIC no VBP nacional elevou-se de 4,3% para 5,1% (Gráfico 2), com uma taxa de variação média anual 46,2% superior à do VBP do Brasil (IBGE, 2023c). Esse diferencial de velocidade indica que a demanda por insumos de TIC não reflete apenas o crescimento econômico agregado, mas uma mudança na composição técnica da produção, em que os setores passam a exigir, proporcionalmente, maior aporte de TIC para a geração de cada unidade de produto. Tal movimento mostrou-se ainda mais intenso no período 2010-2021 (Gráfico 2), desempenho que indica possíveis ganhos para o crescimento da produção nacional decorrentes dessas mudanças na estrutura produtiva.

GRÁFICO 2 – Evolução da participação dos insumos de TIC no VBP nacional (2000-2021) a preços constantes de 2000 e preços de mercado



Fonte: Série retropolada de TRUs (nível 51) do Sistema de Contas Nacionais (IBGE, 2023c).

Nota: Preços constantes calculados via índices de volume. O período destacado no gráfico (2010-2021) delimita o escopo temporal da análise de decomposição estrutural realizada nos capítulos subsequentes.

Nesse contexto, outros indicadores de interesse podem ser extraídos da MIP 2015 do Brasil (IBGE, 2018), como os multiplicadores de produção e oferta, que podem ser sintetizados por meio do cálculo de índices de ligação para trás (BLs, do inglês *backward linkages*) e para frente (FLs, do inglês *forward linkages*). Esses índices são obtidos das matrizes de Leontief e de Ghosh, e representa os efeitos multiplicadores totais das relações industriais de uma tabela de

insumo-produto. Para cada atividade econômica, esses efeitos decorrem do acréscimo de uma unidade monetária na demanda final, no caso dos impactos de produção; e de uma unidade monetária no valor adicionado, no caso dos impactos de oferta. Os multiplicadores de produção e de oferta totais podem ser divididos entre efeitos diretos e indiretos. Os efeitos diretos refletem a estrutura de insumos do setor demandado ou gerador de valor, ao passo que os efeitos indiretos expressam a estrutura conjunta dos demais setores envolvidos na produção adicional.

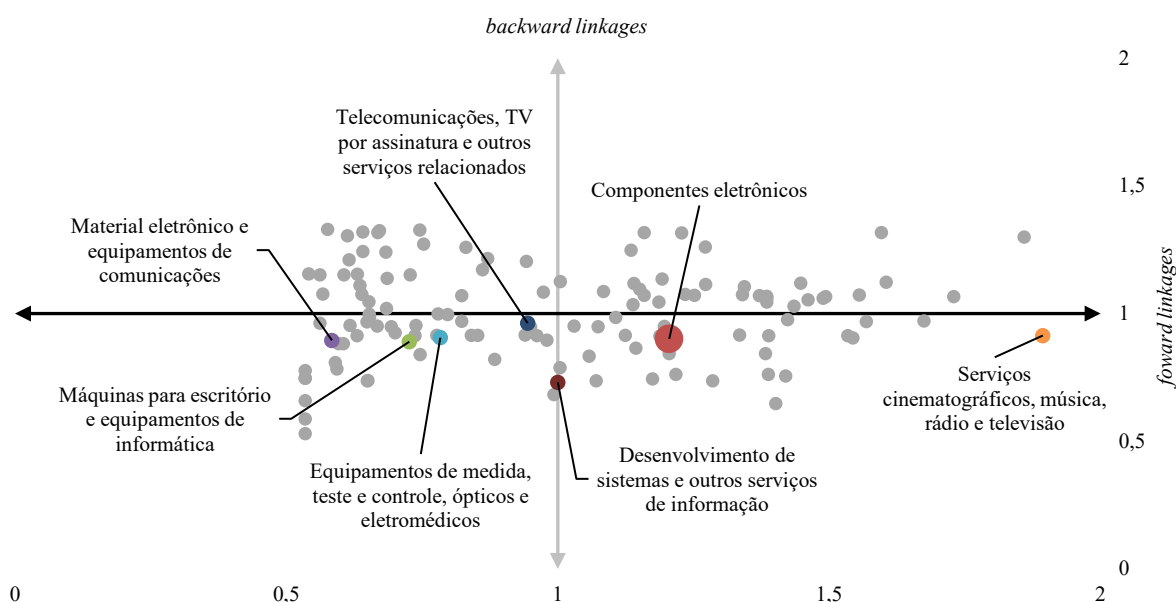
Ou seja, quando uma atividade é demandada, esta consome diretamente determinados insumos produtivos produzidos por outras atividades, que, por sua vez, consomem insumos adicionais, e assim sucessivamente. Do mesmo modo, quando uma atividade gera valor, esta movimenta a remuneração dos fatores produtivos primários ao longo da cadeia, gerando repercussões sucessivas nos demais elos econômicos. A matriz inversa de Leontief reflete a estrutura de produção da economia, pois é construída a partir dos coeficientes técnicos de insumo-produto (divisão entre o valor de cada insumo e o VBP setorial). Desse modo, de posse dos multiplicadores totais de produção para cada atividade, o cálculo dos BLs é feito através da ponderação desses multiplicadores pela matriz de Leontief completa. Assim, para um determinado setor, o BL indica o poder de dispersão que esta atividade exerce na estrutura produtiva.

Por outro lado, os FLs são obtidos através da matriz inversa de *Ghosh*. Essa matriz é calculada através de coeficientes de alocação, ou coeficientes de oferta (obtido pela ótica da linha), e representa os multiplicadores de oferta das atividades. Tais coeficientes resultam da divisão entre o valor das vendas intermediárias setoriais e a respectiva demanda total. Nesse modelo, quando uma atividade gera valor, ela expande sua produção e aloca mais insumos intermediários para os setores compradores, os quais, por sua vez, utilizam esse acréscimo para abastecer os elos seguintes, e assim sucessivamente ao longo da cadeia a jusante. De maneira análoga aos BLs, os FLs são calculados através dos multiplicadores setoriais ponderados pela matriz completa de *Ghosh*.

Na análise dessa ponderação, valores dos índices (FL e BL) superiores a 1 indicam que os respectivos setores apresentam efeitos de encadeamento acima da média nacional; por outro lado, valores inferiores a 1 sinalizam efeitos abaixo da média. O Gráfico 3 apresenta os índices de ligação dos setores de TIC no Brasil. Setores como os Cinematográficos, de música, rádio e televisão (59801), e Componentes eletrônicos (26001) demonstram um papel estratégico na

economia brasileira. Eles demonstram FL superiores à média nacional, o que indica que tais atividades atuam como importantes fornecedores de insumos, de modo que um aumento na sua produção propulsiona altos efeitos sobre a estrutura produtiva via encadeamentos de oferta (Gráfico 3). Por outro lado, os encadeamentos para trás (BL) de todos os setores de TIC, se assemelham à média da economia, pois seus BL ficaram próximos ao eixo horizontal unitário do Gráfico 3, exceto o setor terciário de Desenvolvimento de sistemas e outros serviços de informação, situado na média dos FLs, mas um pouco abaixo da média dos BLs da economia brasileira.

GRÁFICO 3 – Índices de ligação (2015)



Fonte: Indicadores obtidos a partir da MIP oficial de 2015 do (IBGE, 2018).

Outro modo de observar os efeitos produtivos das TICs é decompor os seus multiplicadores de produção entre efeitos diretos e indiretos, o que indica efeitos de transbordamento gerados na economia. Atividades que apresentam efeitos indiretos relativamente maiores podem ser mais atrativas para estímulos governamentais, pelo fato de impulsionarem atividade secundárias consideravelmente. Os efeitos multiplicadores totais representam os coeficientes da matriz inversa de Leontief, e ao subtrair destes coeficientes os efeitos diretos (coeficientes técnicos) obtém-se os efeitos indiretos. Essa decomposição foi realizada para os setores de TIC e apresentadas na Tabela 1.

**TABELA 1 – Decomposição dos multiplicadores de produção das atividades de TIC
(2015)**

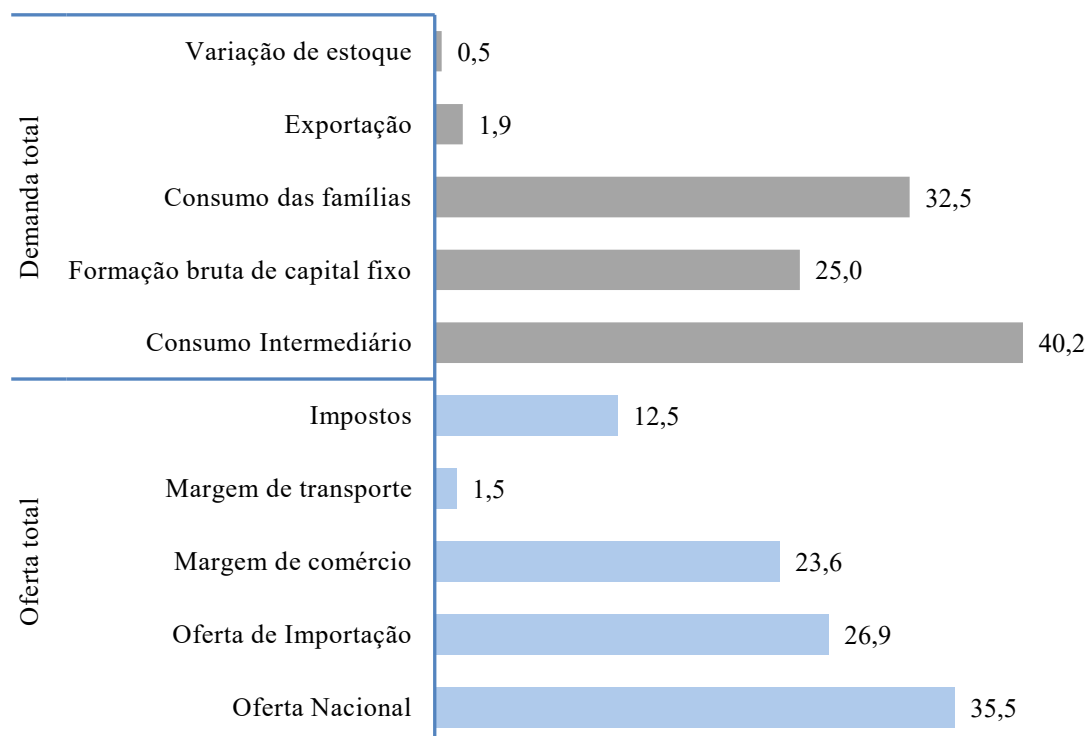
Produtos e serviços de TIC	Efeito direto	Efeito indireto	Total
Componentes eletrônicos	0,411	1,288	1,699
Máquinas para escritório e equipamentos de informática	0,401	1,277	1,678
Material eletrônico e equipamentos de comunicações	0,406	1,282	1,688
Equipamentos de medida, teste e controle, ópticos e eletromédicos	0,413	1,295	1,708
Serviços cinematográficos, música, rádio e televisão	0,44	1,284	1,724
Telecomunicações, TV por assinatura e outros serviços relacionados	0,497	1,317	1,814
Desenvolvimento de sistemas e outros serviços de informação	0,246	1,132	1,378

Fonte: Indicadores obtidos da MIP 2015 do (IBGE, 2018).

Observa-se que, para cada dólar de demanda final por Componentes eletrônicos, *e.g.*, R\$ 1,699 de produção total é gerado na economia, o que inclui o próprio setor e todos os demais (Tabela 1). Em relação apenas aos efeitos diretos do setor de componentes eletrônicos (0,411), significa que R\$ 0,411 de insumos diretos são necessários para cada dólar de demanda final desse setor. Enquanto cerca de R\$ 1,288 de produção adicional em toda a economia é gerado por meio das interconexões deste setor ao longo da cadeia produtiva.

Em geral todos os setores de TIC apresentaram efeitos indiretos relativamente maiores, ou seja, pela ótica da produção estas atividades geram transbordamentos econômicos maiores do que suas próprias demandas diretas por insumos (Tabela 1). Sob outra ótica, a composição de oferta e demanda do setor de TIC no Brasil pode ser observada nos Gráficos 4 e 5, para o ano de 2018. Observam-se diferenças consideráveis na dinâmica de produção de produtos físicos (Equipamentos de informática e comunicações) e de serviços (Serviços de informação) (Quadro 6). Enquanto o segmento de produtos demonstra uma dependência considerável do mercado externo e custos de comercialização elevados, o setor de serviços se destaca por uma base produtiva doméstica mais sólida e menores custos comerciais. Para os produtos de TIC, a oferta doméstica responde por 35,5% do total, complementada por uma fatia de 26,9% de importações (Gráfico 4), o que expõe uma dependência do mercado internacional para suprir as demandas de equipamentos de TIC.

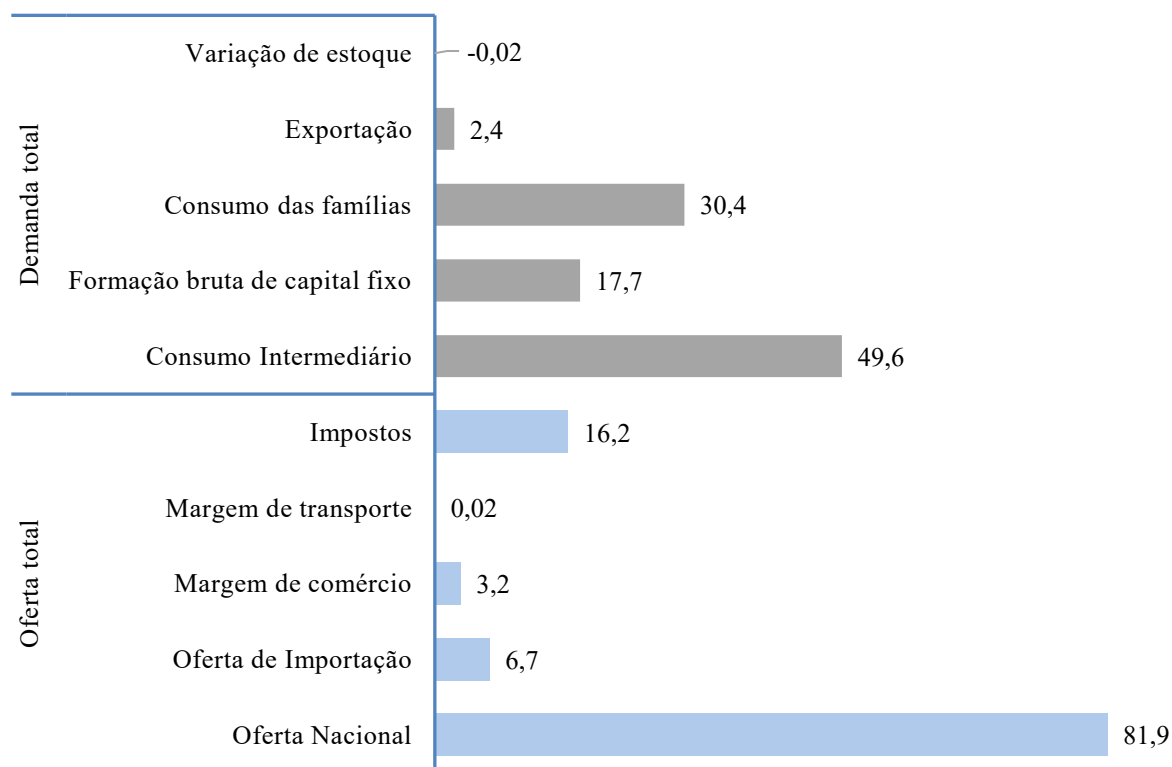
GRÁFICO 4 – Composição (%) da oferta e da demanda total por Equipamentos de informática e comunicações no Brasil a preços correntes (2018)



Fonte: TRU 2018 (IBGE, 2023c).

Outro ponto relevante na composição da oferta são as margens de comércio (23,6%) e os impostos (12,5%), que elevam o custo final desses bens no mercado interno (Gráfico 4). Pelo lado da demanda, observa-se que esses produtos servem tanto a cadeia produtiva quanto a modernização do capital produtivo, com 40,2% destinados ao consumo intermediário, 24,9% à formação bruta de capital fixo (FBCF) e 32,5% para a demanda das famílias. Em contraste, o Gráfico 5 mostra que os serviços de TIC possuem uma oferta doméstica de aproximadamente 81,9% enquanto as importações representam apenas 6,7% do total. Isso indica que o Brasil tem relativa autossuficiência na prestação de serviços digitais, como telecomunicações e desenvolvimento de sistemas. Na estrutura de demanda, quase metade (49,6%) dos serviços de informação é absorvida pelo consumo intermediário. Enquanto o consumo das famílias (30,4%) e a FBCF (17,7%) respondem, aproximadamente, pela outra metade.

GRÁFICO 5 – Composição (%) da oferta e da demanda total por Serviços de informação no Brasil a preços correntes (2018)



Fonte: TRU 2018 (IBGE, 2023c).

A próxima seção apresenta as participações de cada usuário na oferta total TIC a partir das MIPs que compõem a base de dados, dessa maneira, desconsideram-se as margens e impostos, o que pode alterar estas participações. Apesar disso, as altas participações do consumo intermediário e da FBCF na oferta total de TIC indica que essas atividades atuam como eixo um habilitador para outros setores.

3.2.2 Matrizes de insumo-produto (SCN Referência 2010)

Para a análise de decomposição anual, esta pesquisa utiliza como base de dados primária a série anual de matrizes de insumo-produto (MIPs) para a economia brasileira, de 2010 a 2021. Estas matrizes, estimadas por Alves-Passoni e Freitas (2023), são utilizadas a preços correntes (PCR) e a preços do ano anterior (PAA). A técnica de decomposição utiliza os pares de matrizes PCR, para o primeiro ano (t_0), e as matrizes PAA para o ano subsequente (t_1). Dessa forma, em cada decomposição, as MIPs são mensuradas por um índice de preços comum. A configuração

original destas tabelas de insumo-produto tem forma quadrada, setor-por-setor (67x67); no entanto, para o objetivo empírico desta dissertação realizou-se uma agregação para 26 setores.

A adoção desta base de dados justifica-se pela exigência técnica de uma série temporal contínua e metodologicamente harmonizada, formato indisponível nas publicações oficiais do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). O IBGE publica as MIPs apenas a cada cinco anos e, além disso, ocorreram importantes revisões metodológicas no Sistema de Contas Nacionais (SCN) durante o período, notadamente a transição do SCN 2000 para o SCN 2010, fator que dificulta a comparabilidade direta entre as matrizes de diferentes anos de referência.

A estimação da referida série tem como objetivo superar essas limitações através da construção de uma série anual de MIPs compatível com a estrutura e as recomendações do SCN 2010. Para isso, os autores adaptam a metodologia proposta por Grijó e Bêni (2006), que se baseia no uso de informações estruturais de uma MIP oficial de referência para estimar as tabelas de um ano-alvo, através dos dados anuais das Tabelas de Recursos e Usos (TRUs). A metodologia consiste, essencialmente, em calcular proporções estruturais (*mark-downs*), a partir de uma MIP-base detalhada (*e.g.*, a de 2010) e aplicá-las aos agregados anuais das TRUs para estimar as tabelas não divulgadas anualmente, como as de uso nacional e importado a preços básicos, margens de comércio, margens de transporte e impostos.

Após a aplicação dos *mark-downs* gerar uma primeira estimativa das MIPs, surgem inevitavelmente discrepâncias entre os totais estimados (somas de linhas e colunas) e os totais oficiais divulgados nas TRUs. Para reconciliar essas diferenças, os autores empregam o método RAS generalizado (GRAS). Este método de ajustamento biproporcional garante que as matrizes estimadas respeitem, simultaneamente, as restrições de totais de linhas e de colunas, o que resulta em um sistema contábil consistente com as tabelas anuais do IBGE. Para adequar as matrizes do período de 2000 a 2009 (SCN 2000), a estratégia adotada foi utilizar a MIP de 2010 como base estrutural e aplicar a metodologia sobre os dados das TRUs retropoladas pelo IBGE para o SCN 2010, estratégia que garante o mesmo padrão metodológico em toda a série (2000-2021) e evita distorções que poderiam surgir da comparação entre diferentes SCNs. O emprego do GRAS é justificado pela necessidade de garantir a convergência matemática em estruturas que apresentam valores negativos ou nulos, características recorrentes nos vetores de variação de estoques e subsídios líquidos (Alves-Passoni; Freitas, 2023).

Devido à existência de inconsistências nas TRUs oficiais, decorrentes de arredondamentos estatísticos, a estimação da série em PAA envolveu outras transformações (Alves-Passoni; Freitas, 2023). Nos casos em que o IBGE registrou valores nulos em PAA para transações que possuem valor corrente positivo, o que gera índices de preços indeterminados (divisões por zero), os pesquisadores adotaram um procedimento de reestimativa desses denominadores por meio das proporções de *mark-down* das matrizes a preços correntes. Assim, esse ajuste torna as tabelas consistentes antes que o balanceamento biproporcional final seja executado, para assegurar que a estrutura física da produção seja preservada.

Já a estimação das matrizes a preços constantes deriva índices de preços implícitos de tipo Paasche específicos para cada célula das matrizes, calculados pela razão entre o valor a preços correntes e o valor em PAA (Alves-Passoni; Freitas, 2022). Adota-se o ano de 2010 como base, procedimento que permitiu a transição de um sistema de base móvel para uma série temporal em termos reais (Alves-Passoni; Freitas, 2022). Dessa sistematização, derivam-se duas séries de matrizes deflacionadas com propriedades analíticas distintas, em unidades de volume (PRL) e unidades totais (PCT). A série PRL, a preços relativos de 2010, utiliza os deflatores específicos por elemento, abordagem que permite isolar mudanças na qualidade e na composição real dos bens produzidos, embora sacrifique a aditividade das tabelas devido à mudança nos preços relativos. Por outro lado, a série PCT é obtida pela deflação via deflator único (VBP), o que mantém a aditividade contábil ao custo de não isolar a inflação setorial (Alves-Passoni; Freitas, 2022).

Todas essas séries de matrizes anuais são apresentadas no formato produto-atividade e atividade-atividade. A série mais longa, de 2000 a 2021, utiliza a série retropolada de TRUs do IBGE para sua estimação, e está disponível no nível de 91 produtos por 42 atividades, e na forma quadrada com 42 atividades econômicas. Por outro lado, a série de 2010 a 2021 utiliza a série de TRUs anuais do IBGE, e oferece uma estrutura mais desagregada, com matrizes retangulares de 126 produtos por 67 atividades e matrizes quadradas com 67 atividades. Para os objetivos desta pesquisa optou-se por utilizar a série de 2010 a 2021. A escolha é justificada pela maior agregação setorial da série mais longa (42x42), que não permite isolar, explicitamente, todas as atividades TIC. Segundo Alves-Passoni e Freitas (2023), não foi possível realizar uma correspondência direta entre as atividades da série retropolada do IBGE (nível 51) e as atividades da CNAE 2.0 (nível 67). Dessa forma, alguns setores foram agregados, e a configuração final das matrizes ficou com 42 atividades.

Nesse processo de correspondência de 67 atividades para 51, o setor TIC de Máquinas para escritório, aparelhos e material eletrônico que, segundo o tradutor de atividades do IBGE (retropolada-CNAE), corresponde à atividade de Fabricação de equipamentos de informática, produtos eletrônicos e ópticos (CNAE 26), foi agregado às atividades de Máquinas e equipamentos (inclusive manutenção e reparos) e de Móveis e produtos das indústrias diversas (da série retropolada). Essa agregação é constatada pela estrutura produtiva do setor resultante, Máquinas e equipamentos e móveis e produtos das indústrias diversas (AT24)³⁹, observada nas Tabelas 1 de Recursos de bens e serviços das MIPs retangulares (91x42) de Alves-Passoni e Freitas (2023). Desse modo, na série de matrizes quadradas (42x42) de 2000 a 2021, apenas o setor TIC de Serviços de informação (AT34) é reconhecido explicitamente.

Dessa maneira, poder-se-ia estimar matrizes produto-por-produto (91x91) a partir das matrizes retangulares (91x42) por meio do cálculo das matrizes *market-share* (MKS). Esse procedimento resultaria em matrizes com manufaturados e serviços de TIC devidamente identificados. No entanto, essa estimação impõe que os produtos TIC (PR64, PR65 e PR72) assimilem a estrutura de custos do setor mãe⁴⁰ (AT24), que não incorpora apenas atividades TIC.

Já na série menor (2010-2021) de matrizes setor-por-setor (nível 67 da CNAE 2.0), de Alves-Passoni e Freitas (2023), todos os setores de manufatura e serviços de TIC são reconhecidos, *i.e.*, as atividades de Fabricação de equipamentos de informática, produtos eletrônicos e ópticos (2600); Edição e edição integrada à impressão (5800); Atividades de televisão, rádio, cinema e gravação/edição de som e imagem (5980); Telecomunicações (6100); e Desenvolvimento de sistemas e outros serviços de informação (6280). Esse nível de desagregação permite uma análise mais consistente, em relação à série maior (2000-2021), das contribuições do uso de TICs para o crescimento do produto brasileiro.

Além do reconhecimento explícito das TICs, a utilização da série 2010-2021 também é preferível à série maior por ter sido estimada através de TRUs anuais. Conforme apontado pelos próprios autores, a retopolação das TRUs pode introduzir distorções estruturais ao tentar harmonizar metodologias e classificações divergentes (Alves-Passoni e Freitas, 2023). Apesar

³⁹ A atividade AT24 lidera as produções de Material eletrônico e equipamentos de comunicações (PR64); Máquinas para escritório e equipamentos de informática (PR65); e Equipamentos de medida, teste e controle, ópticos e eletromédicos, móveis e outros produtos de indústrias diversas (PR72).

⁴⁰ Hipótese de tecnologia do setor assumida no cálculo da MKS.

dos rigorosos esforços para mitigar inconsistências através do uso do método RAS generalizado e das técnicas de deflação para compatibilizar o SCN 2010, a transição da CNAE 1.0 para a 2.0 exige pontes de correspondência que podem alterar artificialmente o peso relativo de setores (como a discrepância observada na realocação dos serviços de edição e impressão) (Alves-Passoni; Freitas, 2023). A natureza de base móvel e encadeada do SCN do IBGE, em que a cesta de produtos muda anualmente, provoca uma perda inevitável de aditividade e consistência nos preços relativos à medida que o horizonte temporal se afasta do ano-base, o que torna a estimação das matrizes de 2010-2021 relativamente mais fiel à estrutura real da economia brasileira, por utilizarem TRUs anuais de 2010-2021.

Assim, de posse das MIPs quadradas (67x67) de 2010 a 2021, este trabalho realizou uma agregação para 26 setores, com base na similaridade entre as indústrias (*i.e.*, homogeneidade nas características do produto e no conteúdo tecnológico), de modo que as matrizes finais reconhecem 2 atividades principais de TIC, conforme a CNAE 2.0: (i) Equipamentos de informática e comunicações (2600); e (ii) Serviços de informação (5800; 5980; 6100 e 6280). Essas 26 atividades são apresentadas no Quadro 8.

QUADRO 8 – Classificação final dos setores da matriz de insumo-produto

Cód.	Atividade	Cód.	Atividade
S1	Agropecuária	S14	Outros Eletroeletrônicos
S2	Petróleo e gás	S15	Máquinas e equipamentos
S3	Minério de ferro	S16	Veículos automotores e peças
S4	Outras atividades extrativas	S17	Indústrias diversas
S5	Alimentos, bebidas e fumo	S18	Serviços industriais de utilidade pública
S6	Têxtil e calçados	S19	Construção civil
S7	Celulose, papel e madeira	S20	Comércio
S8	Refino de Petróleo	S21	Transporte e armazenagem
S9	Etanol e outros biocombustíveis	S22	Alojamento e alimentação
S10	Químicos	S23	Serviços de informação
S11	Perfumaria, Cosmético e Farmacêuticos	S24	Instituições financeiras e imobiliárias
S12	Siderurgia e Metalurgia	S25	Administração Pública
S13	Equipamentos de informática e comunicações	S26	Outros serviços

Fonte: Elaboração própria

Com o objetivo de fazer uma análise descritiva da base de dados, as Tabelas 2 e 3 e os Gráficos 7, 8 e 9 utilizam as MIPs quadradas (2010-2021) em unidades de volume total (Alves-Passoni;

Freitas, 2022, 2023). Essas matrizes também são agregadas para 26 setores. A Tabela 2 apresenta a distribuição percentual do consumo intermediário de bens físicos de TIC (S13) entre os anos de 2010 e 2021. Os dados demonstram uma estrutura de demanda caracterizada por elevada concentração setorial e alta endogeneidade produtiva. O setor de manufatura de TIC é o principal consumidor de seus próprios insumos; em 2010, o autoconsumo representava 44,5% do total da demanda intermediária nacional, em 2018 atinge um pico de 53,4%, e retorna ao nível de 45% em 2021 (Tabela 2). Ou seja, quase metade da produção de manufaturados de TIC no Brasil é absorvida por sua própria cadeia produtiva para a montagem de bens finais ou intermediários mais complexos.

TABELA 2 – Setores de maior consumo intermediário de Equipamentos de informática e comunicações (2010-2021): participação (%) na oferta total destes insumos, preços constantes de 2010

Setores	2010	2015	2018	2020	2021
Equipamentos de informática e comunicações	44,5	49,0	53,4	47,4	45,0
Outros serviços	14,9	11,7	10,9	11,1	11,7
Serviços de informação	8,3	8,5	7,2	8,7	11,1
Máquinas e equipamentos	5,1	6,6	6,3	7,0	7,6
Administração Pública	7,3	5,0	4,7	4,7	4,1
Outros Eletroeletrônicos	1,8	2,2	2,4	3,1	2,7
Construção civil	3,6	3,6	2,3	2,9	2,6
Veículos automotores e peças	2,8	2,3	2,4	2,2	2,1
Comércio	2,0	1,9	1,6	2,1	2,0
Petróleo e gás	1,3	1,3	1,4	1,8	1,7
Demais setores	8,3	8,0	7,3	9,0	9,4
Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Total (em R\$ bilhões)	13,32	11,12	12,11	12,46	14,01

Fonte: Tabela 3 (Usos Nacional) das MIPs quadradas anuais 67x67 (2010-2021), estimadas em Alves-Passoni e Freitas (2023).

Nota: valores obtidos das tabelas de unidades totais (PCT 2010). Classificação decrescente, baseada no *ranking* de 2021.

Fora do núcleo fabril, o consumo de Equipamentos de informática e comunicações é liderado por setores de serviços, como o agregado de Outros serviços (S26), que engloba atividades privadas de saúde e educação, serviços prestados a empresas e serviços domésticos. Essas atividades registraram uma participação de 14,9% em 2010, que se reduziu para 11,7% em 2021 (Tabela 2). Apesar da queda relativa, permanece como o segundo maior demandante externo.

Já o setor TIC de Serviços de Informação (S23), que inclui telecomunicações, desenvolvimento de sistemas e tratamento de dados, ao contrário do setor S26, registrou uma trajetória de expansão, com avanço de sua participação de 8,3% em 2010 para 11,1% em 2021 (Tabela 2). A convergência entre infraestrutura física e serviços digitais pode explicar essa ascensão, na qual atividades de *software* e processamento de dados, por exemplo, demandam volumes crescentes de equipamentos físicos (como *hardware*, servidores e redes).

Observa-se um incremento na participação do setor de Máquinas e Equipamentos (S15), que elevou seu consumo de produtos TIC tangíveis de 5,1% para 7,6% no período todo (Tabela 2). A produção de Outros Eletroeletrônicos (S14), como materiais elétricos e eletrodomésticos, também avançou de 1,8% para 2,7%. Essas tendências indicam um aumento da intensidade digital na fabricação de bens de capital e outros materiais elétricos no Brasil, *i.e.*, a produção nacional de máquinas industriais e eletrodomésticos passou a incorporar mais componentes eletrônicos, como processadores e *chips* SIM M2M. Por outro lado, as atividades da Administração Pública (S25) demonstraram a maior queda na absorção de bens físicos TIC, ao recuar de 7,3% em 2010 para 4,1% em 2021. Ao confrontar esse dado com a Tabela 3 (referente ao consumo de Serviços de informação), nota-se que o Estado aumentou sua demanda por bens de TIC intangíveis no mesmo período. O recuo observado na Tabela 2 sugere uma mudança no padrão de gasto público, que migrou da aquisição direta de equipamentos de informática para a contratação de soluções e serviços digitais (*e.g.*, *cloudcomputing* e *outsourcing*⁴¹).

A demanda por produtos TIC no Brasil é altamente concentrada. Em 2021, os cinco setores principais responderam por 79,5% de todo o consumo intermediário desses bens, enquanto os demais setores, mantiveram uma participação marginal de apenas 9,4% (Tabela 2). Isso indica que, embora a digitalização nos processos produtivos tenha avançado na economia brasileira, a utilização de equipamentos de TIC como insumo produtivo direto permanece restrita a um polo tecnológico e de serviços especializados, com baixa penetração direta na produção física de setores tradicionais. A Tabela 2 reflete uma estrutura em que bens físicos de TIC no Brasil funcionam como um insumo de especialização, pois esses produtos servem principalmente à própria indústria de TIC e outros serviços privados. Em contrapartida, os avanços no setor de

⁴¹ Terceirização de tarefas.

Máquinas e Equipamentos (S15) indicam uma modernização tecnológica da base industrial presente na estrutura de produção do país.

Sob outro ângulo, a Tabela 3 detalha a distribuição percentual da demanda intermediária dos Serviços de informação (S23) para o mesmo período (2010 e 2021). Os valores indicam uma estrutura de consumo concentrada em serviços privados e na administração pública. O grupo de Outros Serviços (S26) consolidou-se como o principal demandante dos serviços TIC (S23) ao longo da série, ao partir de 27,4% em 2010 e atingir 29% em 2021. Como mencionado anteriormente, este agregado inclui diversos serviços privados (como atividades jurídicas, contábeis, consultorias etc.). A liderança dessas atividades indica que a absorção de serviços digitais é intrinsecamente ligada aos serviços prestados às empresas e ao suporte técnico e administrativo especializado. O próprio setor de Serviços de Informação (S23) figura como o segundo maior consumidor de seus próprios insumos. Em 2010, sua participação era de 26,3%, mas reduziu para 23,6% em 2021. Esse nível demonstra uma alta dependência intrasetorial e sugere que a produção de serviços digitais demanda, de forma recursiva, uma infraestrutura de dados e comunicações robusta do próprio setor.

TABELA 3 – Setores de maior consumo intermediário de Serviços de informação (2010-2021): participação (%) na oferta total destes insumos, preços constantes de 2010

Setores	2010	2015	2018	2020	2021
Outros serviços	27,4	30,4	29,4	28,4	29,0
Serviços de informação	26,3	23,5	23,6	22,0	23,6
Administração Pública	10,9	11,4	11,9	13,1	12,6
Instituições financeiras e imobiliárias	11,5	12,8	11,4	11,6	10,3
Comércio	7,4	8,1	8,9	9,8	9,4
Transporte e armazenagem	2,2	2,1	2,4	2,5	2,7
Alimentos, bebidas e fumo	2,2	2,0	2,2	2,5	2,3
Veículos automotores e peças	3,0	1,7	2,0	1,6	1,6
Serviços Industriais de utilidade pública	0,9	1,2	1,3	1,2	1,0
Químicos	0,7	0,6	0,7	0,9	0,9
Demais setores	7,4	6,2	6,3	6,4	6,6
Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Total (em R\$ bilhões)	139,63	122,84	116,48	112,60	108,52

Fonte: Tabela 3 (Usos Nacional) das MIPs quadradas anuais 67x67 (2010-2021), estimadas em Alves-Passoni e Freitas (2023).

Nota: valores obtidos das tabelas de unidades totais (PCT 2010). Classificação decrescente, baseada no ranking de 2021.

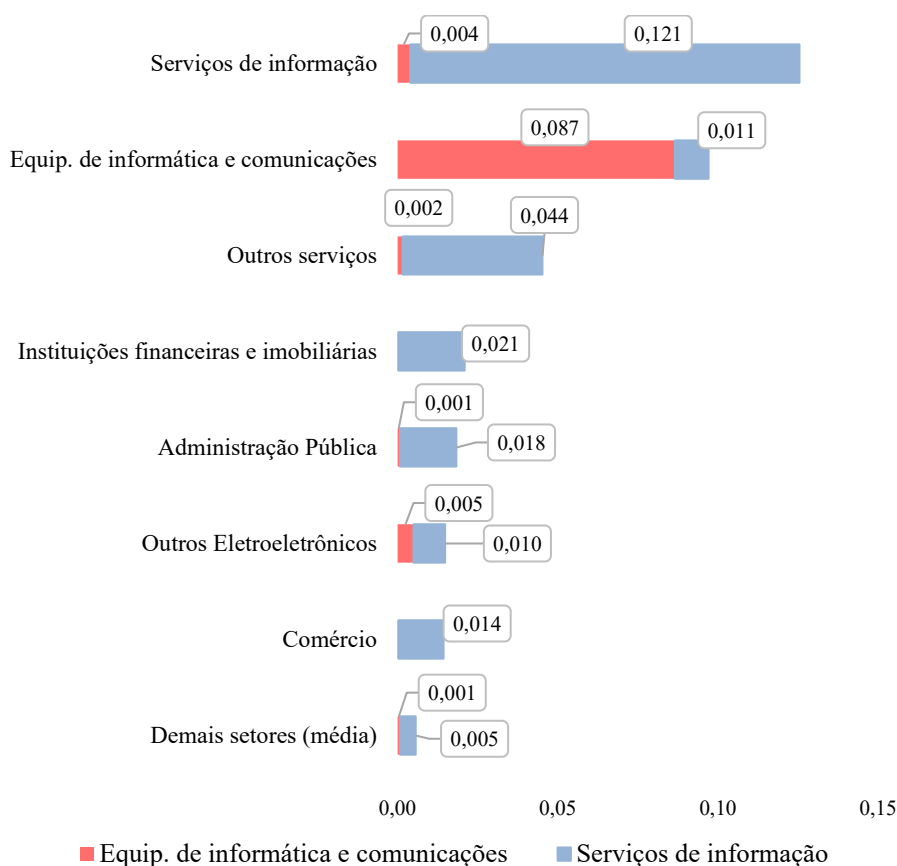
Observa-se um crescimento consistente na participação da Administração Pública (S25), que evoluiu de 10,9% em 2010 para 12,6% em 2021 (Tabela 3). Esse incremento do período sugere um processo de digitalização progressivo das funções governamentais e corrobora com os avanços dos serviços públicos nacionais discutidos no capítulo 2. Já as atividades financeiras e imobiliárias (S24) apresentaram uma trajetória descendente, recuaram de 11,5% em 2010 para 10,3% em 2021. Embora o setor financeiro seja intensivo em tecnologia, os dados indicam uma perda de peso relativo na absorção total de Serviços de informação em comparação aos demais setores. Em sentido oposto, o setor de Comércio (S20) demonstrou o crescimento relativo mais expressivo entre os principais consumidores, ao saltar de 7,4% em 2010 para 9,4% em 2021. Esse movimento parece refletir o processo de modernização dos canais de distribuição e vendas ao longo desses anos.

De maneira análoga à absorção dos produtos TIC, a Tabela 3 evidencia uma elevada concentração da demanda intermediária por Serviços de informação: em 2021, os cinco setores líderes responderam por 84,9% do consumo total. Em contrapartida, setores industriais como Veículos automotores e peças (S16) perderam sua participação que era de 3,0% (2010) para 1,6% (2021). Os demais setores, que abrangem atividades indústrias mais tradicionais também apresentaram retração, ao diminuir sua parcela de 7,4% para 6,6% no período. Esses dados mostram que a economia brasileira utiliza serviços TIC como um fator de integração para atividades intensivas em conhecimento e para a administração pública, enquanto a indústria de transformação (excluindo eletrônicos) mantém uma demanda marginal e declinante por esses insumos específicos. Ressalta-se que as Tabelas 2 e 3 consideram a oferta intermediária total de bens e serviços de TIC; desse modo, a demanda intermediária por insumos não TIC e a geração de valor adicionado setorial não compõem esse escopo analítico. Ou seja, embora setores absorvam grande parte da oferta total de TIC, suas composições internas de produção podem apresentar uma dependência relativamente maior de outros insumos. Dessa forma, é de interesse verificar o peso dos insumos TIC no valor bruto de produção (VBP) de cada setor, *i.e.*, os coeficientes técnicos de TIC (Gráfico 6).

O Gráfico 6 ilustra a intensidade direta do uso de insumos de TIC para cada unidade monetária produzida pelos setores da economia brasileira em 2015. Esses coeficientes, extraídos da matriz de coeficientes técnicos, descrevem a relação entre os insumos que uma atividade absorve e o produto final produzido, o que evidencia o grau de intensidade de TIC de cada atividade. Observa-se que essa intensidade é marcadamente heterogênea e concentrada nos próprios

setores produtores de TIC e em serviços intensivos em conhecimento. Os dados do Gráfico 6 também demonstram a dependência técnica relativa entre insumos de TIC físicos (equipamentos) e intangíveis (serviços). O setor de Serviços de Informação (S23) apresenta a maior intensidade no uso de TIC em toda a economia, com um coeficiente de 0,121 para serviços (S23) e de 0,004 para equipamentos (S13).

GRÁFICO 6 – Maiores coeficientes técnicos de TIC setoriais (2015)



Fonte: Indicadores obtidos da base de dados da pesquisa (Alves-Passoni; Freitas, 2023).

Nota: MIP 2015 a preços correntes.

Já o setor de Equipamentos de Informática e Comunicações (S13) tem o segundo maior coeficiente, dividido entre 0,087 para os seus próprios produtos e de 0,011 para Serviços de informação (Gráfico 6). A magnitude destes coeficientes reforça a circularidade industrial observada nas Tabelas 2 e 3, em que a produção de manufaturados TIC destinados ao consumo final depende majoritariamente de componentes eletrônicos e ópticos processados dentro da mesma cadeia técnica. Fora do núcleo produtor de TIC, o Gráfico 6 destaca outros setores intensivos na utilização desses insumos, como o grupo de Outros serviços (S26), que apresenta um coeficiente de 0,044 voltado para serviços de TIC. Embora o setor S26 seja o maior

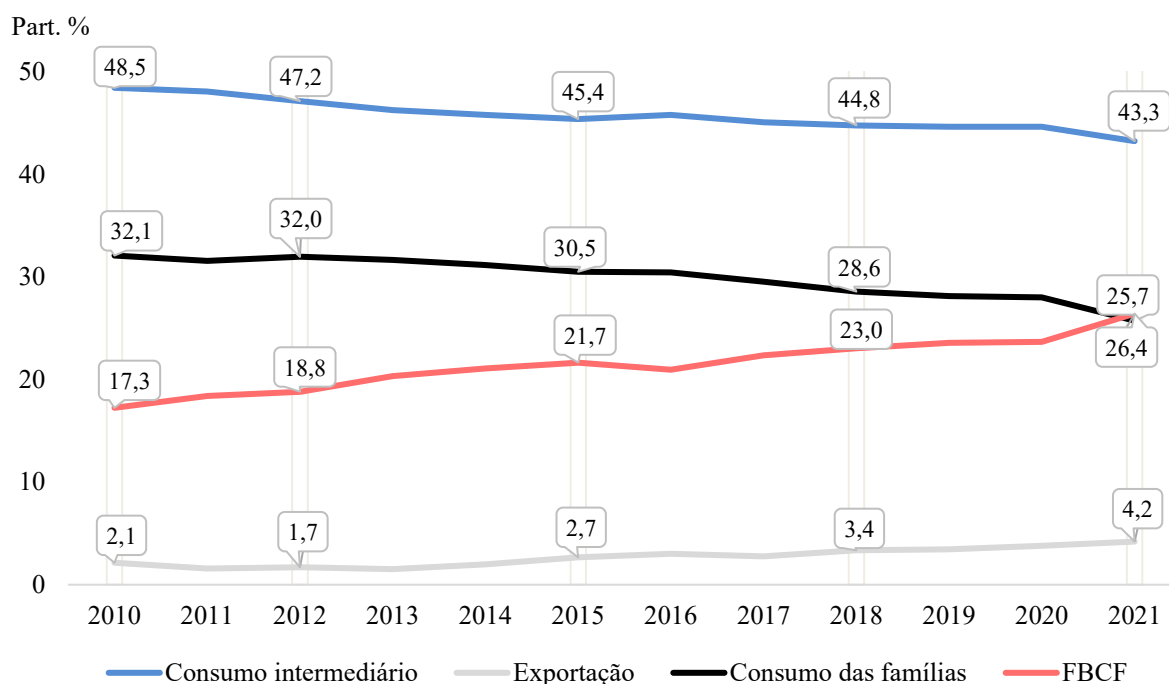
consumidor de Serviços de Informação em volume absoluto, sua intensidade técnica é quase três vezes menor que a do setor S23; dessa forma, sua relevância na demanda total decorre de seu peso no VBP nacional. Em relação às Instituições Financeiras e Imobiliárias (S24), estas registram um coeficiente de 0,021 para os serviços de TIC. O que reflete, provavelmente, a digitalização do sistema bancário e de seguros, que utiliza a infraestrutura de serviços de informação para gerir transações financeiras e fundos de pensão.

Por outro lado, a Administração Pública (S25) e o Comércio (S20) apresentam altas intensidades no uso de Serviços TIC (S23), apresentam requisitos técnicos menores, de 0,018 e 0,014, respectivamente (Gráfico 6). Observa-se que, para a maioria dos setores usuários, os coeficientes relacionados a Serviços são superiores aos de Produtos. Por exemplo, na Administração Pública (S25) e em Instituições Financeiras (S24), a barra de produtos é marginal quando comparada à de serviços. Este padrão sugere e reforça que a modernização tecnológica brasileira é mais acentuada no consumo de soluções de *software* e transmissão de dados do que na renovação constante da base física de *hardware* dentro do consumo intermediário. O Gráfico 6 evidencia um hiato estrutural ao se observar a média dos setores não listados no topo do gráfico. A média dos demais setores apresenta coeficientes inferiores: 0,005 para serviços e apenas 0,001 para produtos de TIC. Esta evidência demonstra que a estrutura técnica (direta) da economia brasileira ainda opera com requisitos de TIC muito baixos em seus processos produtivos de rotina. Em resumo, o Gráfico 6 descreve uma economia em que a intensidade digital é o elemento técnico dos próprios setores TIC (S23 e S13), mas que se distribui de maneira desigual no grupo dos mais intensivos em conhecimento (S25 e S26), e permanece, relativamente, em níveis iniciais de maturação na maior parte dos demais setores produtivos nacionais.

O Gráfico 7 apresenta a trajetória da absorção de recursos de TIC no Brasil entre os anos de 2010 e 2021. Observa-se a distribuição da oferta total entre quatro componentes da demanda: consumo intermediário, consumo das famílias, formação bruta de capital fixo (FBCF) e exportações. Os dados indicam que o consumo intermediário se manteve como o principal destino da oferta de TIC durante todo o período, embora sua participação relativa tenha apresentado uma trajetória de declínio. Em 2010, este componente absorvia 48,5% da oferta total, mas, ao longo da série, observa-se uma trajetória de redução gradual, até atingir o nível 43,3% de participação em 2021. Essa queda mostra que, embora a TIC seja majoritariamente

destinada ao consumo intermediário das indústrias, sua relevância relativa corrente diminuiu frente aos outros componentes da demanda final.

GRÁFICO 7 – Absorção relativa da oferta total de produtos e serviços de TIC (S13 e S23) a preços básicos e constantes de 2010



Fonte: Tabela 3 (Usos Nacional) das MIPs quadradas anuais 67x67 (2010-2021), estimadas em Alves-Passoni e Freitas (2023).

Nota: valores obtidos das tabelas de unidades totais (PCT 2010).

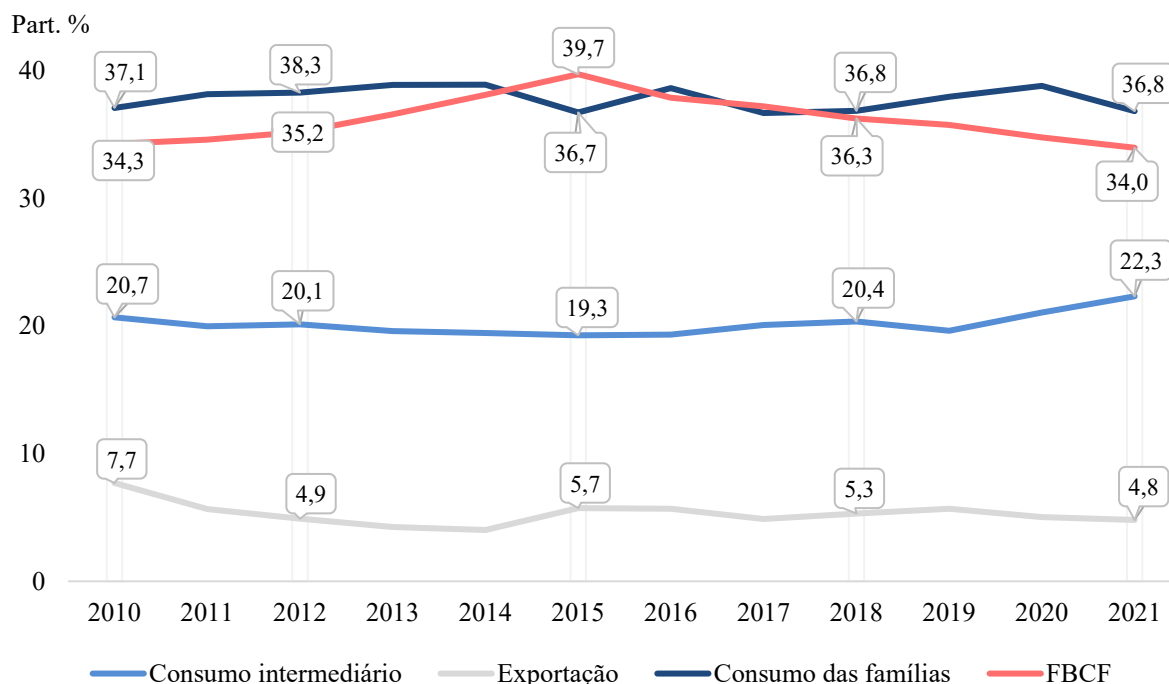
O consumo das famílias ocupava a segunda posição em 2010, responsável por absorver 32,1% da oferta total de TIC. Contudo, em 2021, essa participação recuou para 25,8% (Gráfico 7). Apesar dessa redução na participação relativa do agregado TIC, no Gráfico 6 observa-se que, para o segmento específico de equipamentos de informática (S13), as famílias permanecem como o principal destino da oferta. O declínio observado no Gráfico 7 reflete, portanto, uma mudança na composição interna da demanda agregada, em que o consumo final perde espaço para o investimento produtivo. Por outro lado, o componente que apresentou a maior mudança estrutural no período 2010-2021 é o vetor da formação bruta de capital fixo (FBCF), que parte de uma participação de 17,3% em 2010, cresce de forma consistente, e atinge 26,4% em 2021, nível ligeiramente acima da demanda das famílias (Gráfico 7). Esse aumento mostra que as TICs no Brasil foram progressivamente incorporadas como capital fixo. O crescimento acumulado do componente de investimentos é particularmente impulsionado pela demanda por serviços de TIC (Gráfico 9).

Já as exportações representam o componente menos participativo na absorção da oferta de TIC. Em 2010, o setor exportava apenas 2,1% de sua produção total. Observa-se, contudo, uma trajetória de recuperação marginal no final do período, movimento que dobrou sua participação para 4,2% em 2021 (Gráfico 7). Esse nível confirma que o complexo de TIC brasileiro mantém um caráter eminentemente voltado ao mercado interno, com baixa inserção comercial internacional em comparação aos níveis de consumo doméstico e investimento. O Gráfico 7 demonstra um sistema econômico em transição, a redução relativa da participação do consumo intermediário e do consumo das famílias é compensada pelo avanço substantivo da FBCF. Dessa maneira, a expansão da produção de TIC no período não decorre estritamente de um ganho de escala no consumo, mas do aumento da intensidade de capital. Esse movimento indica o redirecionamento de uma parcela maior dos investimentos setoriais à digitalização dos processos produtivos.

Sob outra ótica, o Gráfico 8 apresenta a evolução do destino dos recursos produzidos pelo setor de Equipamentos de informática e comunicações (S13) no período de 2010 a 2021. Observa-se que a estrutura de demanda pela produção desse setor bens é alavancada pelas famílias, FCBF e consumo intermediário. Apesar das oscilações entre as participações, a demanda das famílias encerrou o período como o principal destino da oferta de produtos TIC (S13), com participação de 36,8% em 2021 (Gráfico 8). A manutenção desta liderança sugere que a dinâmica do setor de equipamentos TIC é mais sensível às variações da renda disponível e das condições de crédito das famílias. A FBCF obteve crescimentos de participação até 2015, mas deste ano em diante recuou até 2021, e finalizou a série com 34,0% de absorção da oferta total de equipamentos TIC (Gráfico 8).

No geral, o nível de investimento em *hardware* e relacionados (S13) situou-se em um nível próximo ao consumo privado. O que indica que a economia brasileira absorve os produtos de TIC (S13) de forma equilibrada entre esses componentes. Já as exportações de produtos TIC apresentam o menor desempenho entre todos os componentes da demanda. Embora tenha iniciado o decênio com uma participação de 7,7%, o Gráfico 8 mostra uma estabilização em níveis reduzidos em 2021 (4,8%). A baixa competitividade internacional dos produtos TIC (S13) torna o crescimento de sua indústria dependente da escala doméstica de consumo e investimento.

GRÁFICO 8 – Absorção relativa da oferta total de Equipamentos de informática e comunicações (S13) a preços básicos e constantes de 2010

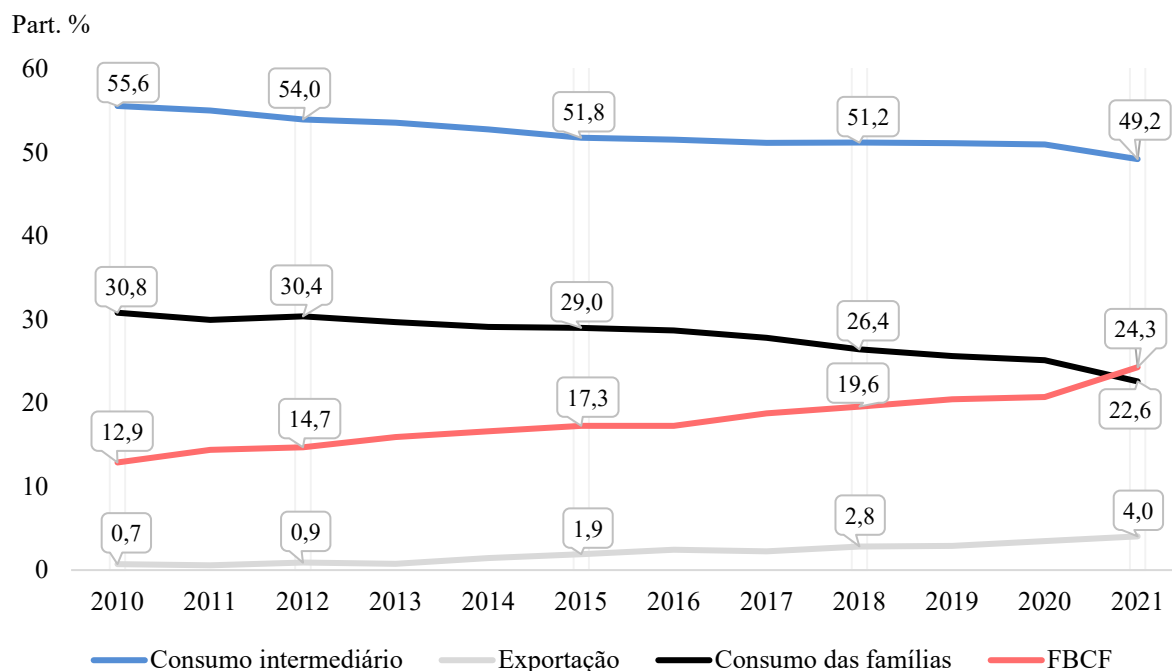


Fonte: Tabela 3 (Usos Nacional) das MIPs quadradas anuais 67x67 (2010-2021), estimadas em Alves-Passoni e Freitas (2023).

Nota: valores obtidos das tabelas de unidades totais (PCT 2010).

Por sua vez, o Gráfico 9 apresenta uma visão estrutural do destino da produção do setor de Serviços de informação (S23) no Brasil ao longo dos anos (2010-2021). A demanda intermediária das atividades consolida-se como o principal destino da oferta de serviços de TIC; no entanto, observou-se uma trajetória de declínio gradual em sua participação relativa, que passou de 55,6% (2010) para 49,2% (2021). Embora quase metade da oferta seja consumida pelos setores de atividade na forma de insumos, essa queda de 6,37 pontos percentuais mostra que os serviços de TIC assumiram outras funções na demanda agregada. A mudança mais notável evidenciada no Gráfico 9 é o crescimento robusto e contínuo da FBCF. Em 2010, a absorção de serviços de TIC como investimento detinha uma participação de 12,9%. Este indicador apresentou uma tendência de alta consistente, atingindo 24,3% em 2021. Este avanço, de quase o dobro, na participação relativa sugere que as empresas brasileiras estão alocando uma parcela crescente de seus recursos na capitalização de ativos intangíveis, como *softwares* e sistemas de informação complexos.

GRÁFICO 9 – Absorção relativa da oferta total de Serviços de informação (S23) a preços básicos e constantes de 2010



Fonte: Tabela 3 (Usos Nacional) das MIPs quadradas anuais 67x67 (2010-2021), estimadas em Alves-Passoni e Freitas (2023).

Nota: valores obtidos das tabelas de unidades totais (PCT 2010).

Em 2021, a FBCF de serviços de TIC superou, inclusive, a participação do consumo das famílias, tornando-se o segundo principal destino da oferta (Gráfico 9). O consumo das famílias, que em 2010 ocupava o segundo lugar na absorção da oferta com 30,8%, apresentou uma tendência de queda ao longo da década, e em 2021 esse percentual recuou para 26,4% (Gráfico 9). Esse recuo relativo não implica necessariamente uma redução no volume absoluto da demanda das famílias, pois o crescimento desta demanda pode ter sido inferior ao ritmo de expansão dos investimentos no mesmo período. Embora as exportações permaneçam como o componente menos participativo da demanda total, o Gráfico 9 mostra um crescimento relativo acentuado neste segmento. Em 2010, o Brasil exportava apenas 0,7% de sua oferta total de serviços de TIC, mas em 2021, esse valor saltou para 4%. Este incremento de mais de cinco vezes na participação relativa mostra uma inserção internacional crescente dos serviços digitais brasileiros. Em contraste com o desempenho das exportações de bens físicos de TIC, que se apresentaram um declínio progressivo no mesmo período (Gráfico 8).

A estrutura de oferta nacional dos serviços TIC é de 81,9%, com apenas 6,7% de oferta via importação em 2018, o que demonstra que o mercado de serviços de TIC no Brasil possui uma

base produtiva mais autossuficiente do que a observada no segmento de bens físicos (Gráfico 4). Por fim, observa-se que a demanda por equipamentos TIC é impulsionada pela demanda privada e pela FBCF, enquanto os serviços de informação destinam-se, em maior parte, ao consumo e investimento setorial (Gráficos 8 e 9). A próxima seção explora a base de dados secundária.

3.2.3 Matrizes de absorção de investimentos (SCN Referência 2010)

Como fonte secundária de dados, esta pesquisa utiliza a série 2010-2021 de Matrizes de absorção de investimentos (MAIs) a preços básicos correntes e do ano anterior (PAA) estimadas em Miguez e Freitas (2021). Cabe destacar que a série completa das matrizes de absorção abrange o período de 2000 a 2021 e, embora essas matrizes identifiquem as atividades de manufatura e serviços de TIC, a estrutura das MIPs (42x42) entre 2000 e 2021 não reconhece explicitamente o setor manufatureiro, conforme discutido na seção anterior. Por esse motivo, a análise de decomposição proposta está restrita ao período 2010-2021. As MAIs foram estimadas a partir da metodologia proposta em Miguez e Freitas (2016) e atualizada em Miguez e Freitas (2021) para o SCN 2010.

A escolha dessa base de dados justifica-se pela existência de uma lacuna significativa na análise da evolução do investimento setorial na economia brasileira. O Sistema de Contas Nacionais (SCN) não disponibiliza séries históricas harmonizadas da formação bruta de capital fixo (FBCF) sob a ótica da demanda das atividades produtivas. Tradicionalmente, as TRUs e as matrizes insumo-produto apresentam a FBCF apenas como uma coluna agregada da demanda final, sem discriminar quais setores realizaram efetivamente o investimento. Desse modo, integrar essas matrizes à análise de decomposição permite distinguir, em nível setorial, as contribuições da absorção de capital TIC para o produto brasileiro, vantagem que supera as limitações analíticas do vetor de FBCF agregado.

As MAIs complementam o SCN ao desagregarem a FBCF por produto e atividade demandante (91x49). A estimação dessas matrizes emprega um método híbrido que combina múltiplas fontes de dados. A metodologia parte dos vetores de FBCF por produto e por setor institucional do SCN, compatibilizados com as estimações anuais de MIPs de Alves-Passoni e Freitas (2023), o que garante a consistência com as Contas Nacionais. Para distribuir esses totais entre as atividades econômicas, a metodologia constrói ponderadores específicos. Primeiramente,

uma Matriz de Alocação de caráter técnico define, de forma binária, quais produtos podem ser demandados por quais atividades. Esta etapa minimiza o viés de alocação e foi aprimorada por meio de uma pesquisa de campo com especialistas em bens de capital.

Em seguida, Miguez e Freitas (2016, 2021) calculam ponderadores para distribuir os valores através de um conjunto diversificado de dados, como o VBP setorial e informações de pesquisas estruturais anuais do IBGE, tais como a Pesquisa Industrial Anual (PIA) Produto, PIA Empresa, Pesquisa Anual da Indústria da Construção (PAIC) e Pesquisa Anual de Serviços (PAS), além de dados do Banco Nacional do Desenvolvimento (BNDES) Finame para segmentos específicos. A MAI de Oferta Importada (MAI OI) utiliza o VBP para ponderar a demanda, enquanto a MAI de Oferta Nacional (MAI ON) emprega uma estrutura de dados mais detalhada, conforme a natureza de cada produto. A MAI de Oferta Total (MAI OT) é obtida, por fim, pela soma das outras duas matrizes, o que garante a consistência do sistema (Miguez, Thiago de Holanda Lima; Freitas, 2016; Miguez, Thiago; Freitas, 2021).

Assim, as MAIs foram agregadas e correspondidas com as MIPs, de modo que ambas assumissem uma configuração quadrada idêntica, com 26 atividades econômicas. Como essas matrizes organizam os dados de modo que as linhas mostram os tipos de ativos (produtos) de capital demandados e as colunas apresentam os setores demandantes, a composição da FBCF setorial em bens de capital de TIC pode ser discriminada. As linhas de produtos nas MAIs apresentam explicitamente a FBCF de TIC em quatro categorias de produto específicas: (i) Material eletrônico e equipamentos de comunicações; (ii) Máquinas para escritório e equipamentos de informática; (iii) Equipamentos de medida, teste e controle, ópticos e eletromédicos, móveis e outros produtos de indústrias diversas; e (iv) Serviços de informação. Em que os produtos (i), (ii) e (iii) foram agregados e representados pelo setor de Equipamentos de informática e comunicações (S13). A agregação dos 91 produtos nas linhas para 26 setores foi realizada com base na representatividade de cada produto na produção de cada setor, observada nas tabelas retangulares (91x42) de Recursos de bens e serviços⁴² (Alves-Passoni e Freitas, 2022, 2023), as quais oferecem uma estrutura similar à das MAIs (91x49).

Como os setores da MAI seguem a estrutura de classificação da série retropolada das TRUs de 2000-2021 do IBGE (2023c), na ótica das colunas, os setores (MAI) produtores de TIC de

⁴² Feito isso, na classificação final de 26 setores, *e.g.*, os produtos de Laranja (GIC06); Café em grão (GIC07); Aves e ovos (GIC12) *etc.*, são agregados e representados pela atividade de Agropecuária (S1).

Máquinas para escritório, aparelhos e material eletrônico e de Serviços de informação foram correspondidos diretamente às atividades de Equipamentos de informática e comunicações (S13); e de Serviços de informação (S23)⁴³. As 47 atividades restantes também foram correspondidas com base na similaridade entre as estruturas de produtos indicadas nesses tradutores. Ao final as MAIs (26x26), PCR e PAA, são utilizadas na decomposição estrutural do capítulo 4. No entanto, a análise descritiva desta Seção utiliza matrizes calculadas a preços constantes de 2010 (unidades de volume total).

A Tabela 4 detalha a participação percentual dos setores econômicos na aquisição de bens físicos de TIC destinados ao investimento em capital fixo entre 2010 e 2021. Os valores foram calculados a preços constantes de 2010. A tabela permite observar alguns padrões de acumulação. O grupo dos Outros serviços (S26) liderou a absorção desses ativos de capital com o registro de 19,2% do investimento total em TIC em 2010, avanço para 21% em 2015 e encerramento da série com 17,6% em 2021 (Tabela 4). Já o setor de Instituições Financeiras e Imobiliárias (S24) aparece como o segundo maior investidor, com uma participação estável em torno de 9,2% em 2021 (Tabela 4), o que reflete uma alta dependência estrutural do sistema bancário e imobiliário em relação à infraestrutura física de processamento de dados.

Outro movimento relevante observado na tabela é a evolução da participação do setor de Serviços de Informação (S23) na formação de capital fixo em TIC. A atividade partiu de uma fatia de 5,4% em 2010 para 8,0% em 2021. Este incremento de 48% na participação relativa sugere que o setor está ampliando seu estoque de capital físico (servidores, redes e equipamentos) para suportar a expansão de seus serviços digitais. Ao contrário das análises de demanda intermediária das MIPs, a Tabela 4 demonstra uma tendência de digitalização no estoque de capital de setores tradicionais, como Agropecuária (S1), que elevou sua participação no total da FBCF de TIC de 3,3% para 5,6% no período. Esse avanço contínuo sugere o adensamento da incorporação de sistemas de monitoramento à estrutura de capital produtivo agrícola. Atividades da indústria secundária, *e.g.*, Siderurgia e Metalurgia (S12), apresentaram uma variação de 3,7% em 2010 para 4,1% em 2021, o que também sinaliza um adensamento tecnológico nas indústrias de base.

⁴³ Com base nos tradutores Atividades SCN2010 x Produto CNAE e Atividade série retopolada x CNAE2.0 (Concla), a estrutura dos produtos gerados por essas atividades da MAI e a classificação setorial elaborada neste trabalho são aproximadamente simétricas.

TABELA 4 – Setores de maior utilização de insumos de Equipamentos de informática e comunicações na FBCF (2010-2021): participação (%) na oferta total deste capital fixo, preços constantes de 2010

Atividades econômicas	2010	2015	2018	2020	2021
Outros serviços	19,2	21,0	19,5	20,0	17,6
Instituições financeiras e imobiliárias	9,1	8,3	8,5	10,0	9,2
Comércio	7,4	8,8	9,0	8,8	8,7
Serviços de informação	5,4	7,0	10,0	8,4	8,0
Alimentos, bebidas e fumo	6,2	6,4	6,2	6,9	7,1
Agropecuária	3,3	3,9	4,1	4,9	5,6
Administração Pública	8,5	6,0	5,9	5,4	4,4
Transporte e armazenagem	4,9	5,3	4,6	4,4	4,2
Siderurgia e Metalurgia	3,7	3,0	3,1	3,0	4,1
Serviços Industriais de utilidade pública	3,9	4,0	3,9	3,9	3,8
Demais setores	28,4	26,2	25,4	24,1	27,4
Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Total em (R\$ bilhões)	29,08	33,43	35,11	32,04	32,44

Fonte: Oferta nacional das Matrizes de Absorção de Investimentos estimadas por Miguez e Freitas (2021).

Nota: Valores calculados em unidades de volume (base 2010). Classificação decrescente, baseada no *ranking* de 2021.

De outro modo, a Administração Pública (S25) registrou a queda mais acentuada: sua participação no investimento em produtos TIC reduziu-se progressivamente de 8,5%, em 2010, para 4,4%, em 2021 (Tabela 4). Este declínio na formação de capital em equipamentos TIC (S13) pelo Estado, somado aos dados de consumo intermediário, reforça a interpretação de uma transição do gasto público, em que o governo reduz a aquisição de ativos físicos de TIC em favor da contratação de serviços de informação como *software* e *cloudcomputing* fornecidos por terceiros. A Tabela 4 evidencia que o investimento em capital fixo de TIC no Brasil tornou-se mais concentrado: em 2021, os dez setores listados responderam por 72,6% de todo o investimento nacional nesses ativos, enquanto as demais atividades reduziram sua participação agregada de 28,4% para 27,4%. Tais evidências atestam a transição estrutural das TICs, antes contabilizadas predominantemente como despesas operacionais correntes, para a sua consolidação como ativos estratégicos. A expansão desses aportes em atividades como Serviços de Informação (S23), Agropecuária (S1) e Siderurgia (S12) mostra uma alteração qualitativa no estoque de capital da economia nacional, orientada para a modernização digital.

TABELA 5 – Setores de maior utilização de Serviços de informação na FBCF (2010-2021): participação (%) na oferta total deste capital fixo, preços constantes de 2010

Atividades econômicas	2010	2015	2018	2020	2021
Serviços de informação	50,7	35,9	41,5	41,5	41,5
Veículos automotores e peças	4,2	5,5	12,3	12,3	12,3
Alimentos, bebidas e fumo	6,9	8,9	7,8	7,8	7,8
Siderurgia e Metalurgia	12,2	10,9	5,6	5,6	5,6
Indústrias diversas	1,8	5,3	5,5	5,5	5,5
Máquinas e equipamentos	4,7	6,6	4,4	4,4	4,4
Químicos	3,8	2,7	4,0	4,0	4,0
Têxtil e Calçados	4,8	8,0	3,0	3,0	3,0
Celulose, papel e madeira	4,9	2,5	2,9	2,9	2,9
Serviços Industriais de utilidade pública	0,0	1,3	2,9	2,9	2,9
Demais setores	6,0	12,5	10,1	10,1	10,1
Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Total em (R\$ bilhões)	31,18	44,66	50,10	54,46	72,93

Fonte: Oferta nacional das Matrizes de Absorção de Investimentos estimadas por Míguez e Freitas (2021).

Nota: Valores calculados em unidades de volume (base 2010). Classificação decrescente, baseada no *ranking* de 2021.

A análise descritiva da Tabela 5 apresenta a absorção de serviços TIC para a formação bruta de capital fixo (FBCF). Observa-se uma reconfiguração na alocação desses ativos intangíveis na estrutura produtiva brasileira entre 2010 e 2021. Nesse período, o investimento em serviços TIC (S23) apresentou dinâmicas de concentração e dispersão distintas do mercado de produtos físicos (S13). O setor de Serviços de Informação (S23) mantém-se como o principal investidor em sua própria produção, embora sua participação relativa tenha sofrido uma redução gradual, com queda de 50,7% (2010) para 41,5% (2021). Esta trajetória indica que, embora o setor central de tecnologia continue liderando a formação de capital de serviços TIC, houve uma perda de peso relativo frente à expansão da demanda de investimento de outras atividades, como Veículos Automotores e Peças (S16). Este setor aumentou participação na FBCF de serviços de TIC de 4,2% em 2010 para 12,3% em 2021, tornando-se o segundo maior investidor individual.

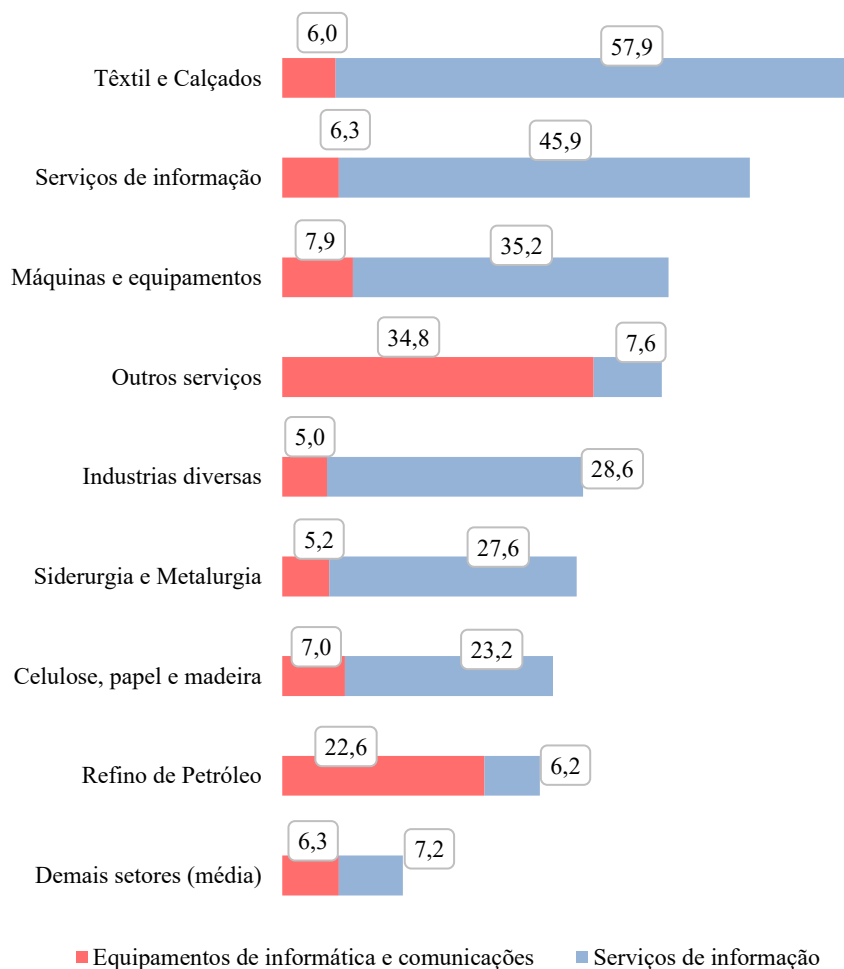
De forma análoga, o agregado de Indústrias Diversas (S17) também teve crescimento elevado na participação da demanda por Serviços de informação. Essas atividades, compostas pelos setores produtores de Artigos de Borracha e Plástico, e Móveis e Produtos das Indústrias

Diversas, triplicaram sua absorção de serviços TIC na estrutura da FBCF nacional entre 2010 e 2021 (Tabela 5). Estes movimentos sinalizam que a modernização tecnológica destas indústrias no Brasil passou a internalizar mais serviços digitais, em detrimento de ativos físicos. Em contraste com o setor automotivo, as atividades industriais tradicionais apresentaram retração no peso relativo de seus investimentos em serviços TIC. Os setores de Siderurgia e Metalurgia (S12) registraram a queda mais acentuada, com um recuo de 12,2% em 2010 para 5,6% em 2021. Enquanto os setores de Têxtil e Calçados (S6) sofreram redução de 4,8% para 3,0%, e a produção de Celulose, Papel e Madeira (S7) declinou de 4,9% para 2,9% (2010-2021) (Tabela 5). Estatisticamente, esses recuos não implicam necessariamente uma redução no volume absoluto investido, mas indicam que esses setores perderam importância na composição total da FBCF de TIC em relação a outras atividades que aceleraram seu processo de digitalização.

Observa-se a ascensão dos Serviços Industriais de Utilidade Pública (S18), como energia e saneamento, cuja participação era nula em 2010 e atingiu 2,9% em 2021 (Tabela 5). O setor de Alimentos, Bebidas e Fumo (S5) manteve-se estável com leve crescimento e encerrou a série em 7,8% (Tabela 5). Adicionalmente, o grupo dos demais setores expandiu sua participação de 6,0% para 10,1% (2010-2021) (Tabela 5), o que sugere uma difusão mais ampla do investimento em serviços de TIC por atividades que anteriormente mantinham vínculos marginais com ativos digitais intangíveis. Os dados da Tabela 5 indicam uma mudança qualitativa no estoque de capital nacional, caracterizada pela transição de um modelo de investimento concentrado no núcleo tecnológico para uma estrutura na qual as indústrias complexas (como veículos e máquinas) assumem protagonismo na absorção de serviços de TIC.

O Gráfico 10 ilustra a proporção do investimento em TIC em relação ao investimento total realizado por cada unidade produtiva, decompondo essa intensidade entre Equipamentos de informática e comunicações (S13) e Serviços de informação (S23). A estrutura dos dados mostra uma distribuição heterogênea da digitalização do estoque de capital fixo da economia brasileira. O setor de Têxtil e Calçados apresenta a maior intensidade de TIC na formação bruta de capital fixo (FBCF): aproximadamente 58% de todo o investimento realizado por esse setor em 2015 foi destinado a ativos físicos de TIC, e 6% em ativos intangíveis (S23) (Gráfico 10). Observa-se que, nesse segmento, a composição do investimento é equilibrada entre equipamentos e serviços, característica que sugere um processo de automação industrial que integra infraestrutura física e intangível de TIC.

GRÁFICO 10 – Setores mais intensivos em TIC via formação bruta de capital fixo (2015)



Fonte: Oferta nacional da Matriz de Absorção de Investimentos de 2015 a preços correntes (Miguez, Thiago; Freitas, 2021).

Nota: os valores representam a participação do uso de TICs no total da FCBF de cada setor.

O setor TIC de Serviços de informação (S23) figura como o segundo mais intensivo, com uma participação de 46% em seus próprios ativos e 6,3% em equipamentos TIC (Gráfico 10). Essa evidência caracteriza uma alta endogeneidade e a capitalização dessa indústria para a própria prestação dos serviços tecnológicos do setor. Ademais, observam-se altos índices de intensidade de TIC na indústria secundária e terciária. O setor de Máquinas e equipamentos (S15) apresentou maior participação em serviços TIC (35,2%), enquanto os Outros serviços (S26) apresentam maior participação em equipamentos TIC (34,8%) (Gráfico 10). No caso da atividade S16, essa intensidade reflete uma incorporação de componentes digitais nos bens de capital produzidos (Gráfico 10). Já no agregado de Outros Serviços (S26), a intensidade é impulsionada majoritariamente por serviços de *software* e processamento de dados (Gráfico 10).

Os setores de Indústrias diversas (S17) e Siderurgia e Metalurgia (S12) registram intensidades de 28,6% e 27,6% para serviços de TIC, respectivamente (Gráfico 10). Com a adição da parcela de investimentos em Equipamentos de informática e comunicações, o montante total de recursos que essas indústrias destinaram a ativos de capital fixo de TIC atingiu cerca de um terço do investimento total realizado por essas atividades (Gráfico 10). Celulose, papel e madeira (S7) apresenta alta intensidade em serviços de informação (23,2%), enquanto o setor de Refino de Petróleo (S8) é mais intensivo em equipamentos TIC (22,6%) (Gráfico 10). Por fim, o grupo dos demais setores demonstra uma composição mais equilibrada entre produtos e serviços TIC, em média (Gráfico 10). Nota-se que, em geral, os setores nacionais são mais intensivos na absorção de Serviços (S23) do que de Equipamentos TIC (S13).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este capítulo apresenta os resultados empíricos da pesquisa e discute as transformações produtivas impulsionadas pelas Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) na economia brasileira entre 2010 e 2021. Inicialmente, a seção 4.1 explora as estatísticas descritivas da base de dados, com foco nas variações reais diretas da demanda setorial por equipamentos e serviços de TIC. Na sequência, a seção 4.2 detalha os resultados da análise de decomposição estrutural (SDA) e quantifica as contribuições sistêmicas dessas tecnologias para o crescimento do valor bruto de produção (VBP) nacional. Por fim, a seção 4.3 aplica o mesmo modelo matemático para a decomposição das importações, etapa que permite mensurar os efeitos tecnológicos e de demanda vazados para o exterior.

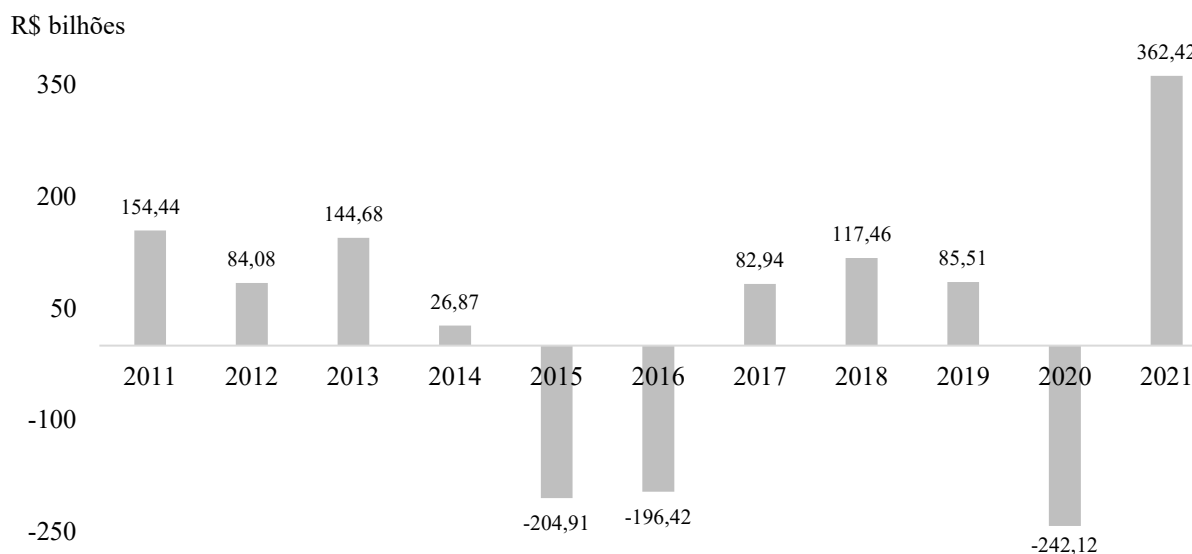
4.1 Variações reais na demanda por TIC

Com o objetivo de destacar os vetores de mudanças na demanda por tecnologia da informação e comunicação (TICs) ao longo do período 2010-2021, esta seção apresenta algumas estatísticas de variação sobre esses vetores a partir da base de dados utilizada na análise de decomposição estrutural (SDA, do inglês *Structural Decomposition Analysis*). Estas estatísticas descritivas se diferenciam dos resultados da decomposição por apresentarem exclusivamente as variações reais observadas no período. Ou seja, elas expõem apenas os vetores de variação da tecnologia (via consumo intermediário) e da demanda final que, posteriormente, terão suas contribuições totais (diretas e indiretas) quantificadas pela técnica SDA. Esses vetores de variação demonstram a origem e os volumes absolutos de cada demanda antes de sua propagação intersetorial pela cadeia produtiva. Cabe ressaltar que, para cada par de anos analisado, as matrizes são mensuradas sob uma mesma base de preços: o ano inicial a preços correntes (PCR) e o ano subsequente a preços do ano anterior (PAA). Dessa forma, a soma acumulada dessas mudanças anuais representa crescimentos e/ou quedas reais, uma vez que cada variação segue o mesmo nível de preços, procedimento utilizado por (Betarelli Junior *et al.*, 2022), o qual substitui a necessidade metodológica de utilizar uma série deflacionada a preços constantes, como em (Dietzenbacher *et al.*, 2013).

As análises descritivas utilizam as variações anuais do Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro como referência devido à relação direta entre o nível de atividade agregada e as reações da estrutura produtiva e dos usuários finais da economia. A trajetória ano-a-ano do PIB nacional

ilustra os ciclos de expansão e de retração da renda da economia brasileira (e.g., Gráfico 11). Essas oscilações exercem impacto sobre as decisões de alocação dos investimentos (FBCF) das empresas e sobre o orçamento disponível para o consumo das famílias. A correlação entre essa série histórica e a demanda setorial de TICs permite identificar como o uso de equipamentos (S13) e de serviços (S23) acompanha a conjuntura macroeconômica.

GRÁFICO 11 – Variações reais do Produto Interno Bruto (PIB) (2011-2021)



Fonte: Tabela 6 do Sistema de Contas Nacionais (IBGE, 2023a).

Nota: cada variação marginal é resultado da diferença entre o PIB do segundo ano a preços do ano anterior, e o PIB do primeiro ano a preços correntes.

A Tabela 6 e o Gráfico 12 detalham os ciclos anuais das mudanças na demanda por Equipamentos de informática e comunicações (S13) entre 2010 e 2021. Observa-se que, para os anos 2011-2014, essas variações mantiveram um padrão aproximado, lideradas pelo consumo privado e pela formação bruta de capital fixo (FBCF), expansão que acompanhou a trajetória de crescimento do PIB nacional nesses anos específicos (Gráfico 11). Além disso, no mesmo período o mercado nacional de computadores de mesa (*desktops*), computadores portáteis (*notebooks*) e *tablets* atingiu um pico de 22,6 milhões de unidades comercializadas, em 2013⁴⁴ (Meirelles, 2024). Essa expansão acompanhou a trajetória de crescimento na demanda total por equipamentos de TIC (S13), que alcançou R\$ 9,72 bilhões no mesmo ano, o maior nível entre 2011 e 2014 (Tabela 6).

⁴⁴ Esta série histórica, publicada pela 35ª Pesquisa Anual do Uso de TI (FGVcia), tem frequência anual e abrange o período de 1988 a 2024 (com dados até o mês de maio do último ano) (Meirelles, 2024).

TABELA 6 – Variações anuais reais da demanda por equipamentos de TIC (2011-2021), em R\$ bilhões

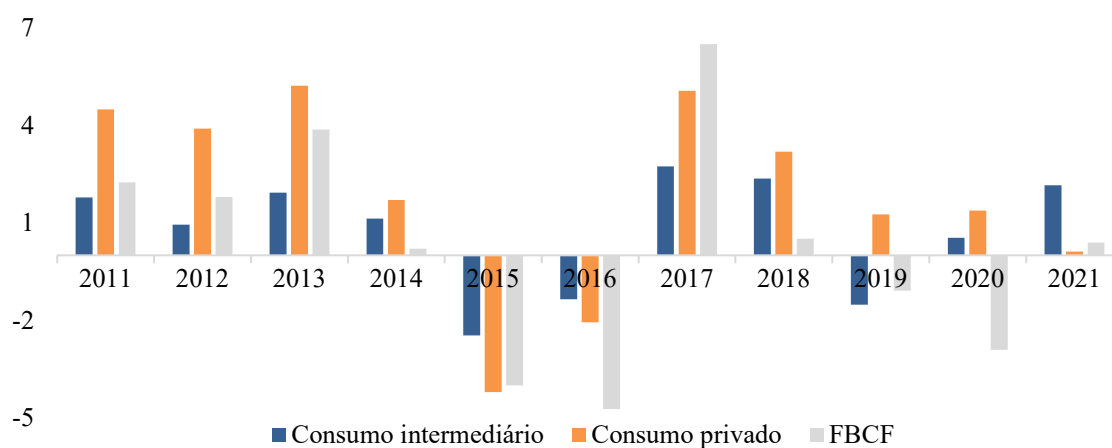
Anos	Consumo intermediário	Consumo privado	FBCF	Demais usuários	Demanda Total
2011	1,79	4,49	2,25	-0,97	7,55
2012	0,95	3,90	1,79	-1,15	5,48
2013	1,93	5,22	3,88	-1,30	9,72
2014	1,13	1,70	0,20	-1,76	1,28
2015	-2,46	-4,21	-4,00	-1,03	-11,70
2016	-1,35	-2,06	-4,73	-0,38	-8,52
2017	2,74	5,07	6,50	2,52	16,82
2018	2,37	3,19	0,51	0,42	6,49
2019	-1,52	1,26	-1,09	-0,09	-1,44
2020	0,54	1,38	-2,90	-1,90	-2,90
2021	2,15	0,12	0,39	2,97	5,63
Total acumulado	8,25	20,03	2,80	-2,66	28,42

Fonte: Base de dados da pesquisa (Alves-Passoni; Freitas, 2023; Miguez, Thiago; Freitas, 2021).

Nota: cada variação marginal é resultado da diferença entre a MIP do segundo ano a preços do ano anterior, e a MIP do primeiro ano a preços correntes.

GRÁFICO 12 – Evolução anual da demanda por equipamentos de TIC (2011-2021)

R\$ bilhões



Fonte: Base de dados da pesquisa (Alves-Passoni e Freitas, 2023; Miguez e Freitas, 2021).

Nota: cada variação marginal é resultado da diferença entre a MIP do segundo ano a preços do ano anterior, e a MIP do primeiro ano a preços correntes.

No ano de 2014, o início do ciclo recessivo (2014-2016) induziu a contração simultânea do nível de atividade agregada (Gráfico 11) e da expansão da demanda por equipamentos de TIC (Gráfico 12). Embora a variação da demanda total permanecesse positiva, o aumento de apenas

R\$ 1,28 bilhão em 2014 representou uma queda marginal notável frente à variação registrada no ano anterior (Tabela 6).

Especificamente nos investimentos (FBCF) em ativos de TIC físicos (S13), o volume caiu de R\$ 3,88 bilhões em 2013 para R\$ 200 milhões em 2014 (Tabela 6). Para além do choque recessivo, esse movimento foi condicionado pela natureza das decisões de investimento corporativo, que reagem de forma elástica à desaceleração da demanda agregada (Miguez, Thiago Holanda de Lima, 2018) e ao aumento da percepção de risco na economia (BCB, 2020). Em paralelo, a expansão anual do consumo privado diminuiu de R\$ 5,22 bilhões (2013) para R\$ 1,70 bilhão em 2014 (Tabela 6). Além do efeito renda negativo causado pela contração na atividade econômica geral (Gráfico 11), essa desaceleração do consumo familiar ocorreu como consequência de medidas de contenção do crédito (Daudt; Willcox, 2018; Miguez, Thiago de Holanda Lima; Freitas, 2016). Sob outra perspectiva, o consumo intermediário apresentou a menor retração relativa no ano de 2014 (Tabela 6), explicado por seu caráter operacional, mais inelástico que a demanda privada e os investimentos.

Por outro lado, no biênio 2015-2016 as demandas intermediárias e finais por TICs passaram a registrar quedas (Gráfico 12). No mesmo período, as vendas anuais de computadores⁴⁵ registraram contrações de 30% (2015) e de 16% (2016) (Meirelles, 2024). As quedas da FBCF e do consumo privado foram os maiores determinantes desse movimento negativo (Gráfico 12). Em termos absolutos, a soma acumulada das variações totais dos anos de 2015 e 2016 atingiu R\$ 20,22 bilhões negativos (Tabela 6). De forma similar, o nível de atividade (PIB) da economia brasileira também apresentou retração (Gráfico 11). Já em 2017, em paralelo à leve estabilização da economia brasileira (Gráfico 11), a demanda total por equipamentos de TIC voltou a crescer, com um avanço de R\$ 6,50 bilhões na FBCF (veja a Tabela 6).

Em 2018, embora o PIB brasileiro tenha mantido a trajetória de crescimento (Gráfico 11), a demanda total da economia por Equipamentos de informática e comunicações (S13) não acompanhou esse ritmo, pois apresentou uma taxa de expansão 61,4% inferior à de 2017 (Tabela 6). Nesse cenário, a FBCF, apesar de positiva, foi 92,1% menor que a do exercício anterior (Tabela 6). Em termos comparativos, os investimentos privados em tecnologia de informação (TI) no Brasil cresceram 2,3% no mesmo ano, nível inferior aos 3% da média global

⁴⁵ *Desktops, notebooks e tablets*

registrada em 2018 (Macchiavello; Dias, 2019). O consumo privado também desacelerou em 2018, com um aporte de R\$ 3,19 bilhões frente aos R\$ 5,07 bilhões verificados no ano anterior (Tabela 6). Essa retração no consumo reflete-se na redução da base instalada de computadores nos lares: a posse de dispositivos como *desktops*, *notebooks* e *tablets* recuou para 42% dos domicílios brasileiros, ante os 50% registrados em 2015 (CGI.br, 2019).

Já no ano de 2019, a mudança real na demanda por equipamentos TIC foi impulsionada apenas pelo consumo privado (R\$ 1,26 bilhão). Em paralelo, a demanda por insumos e a FBCF apresentaram quedas de R\$ 1,52 bilhão e de R\$1,09 bilhão, respectivamente (Tabela 6). Essa restrição de aportes setoriais destinados às TICs sugere uma reação ante a retração no avanço do PIB do país no ano de 2019, o qual registrou uma taxa inferior em relação ao ano anterior (Gráfico 11). Em contrapartida, esses movimentos sugerem que o consumo Equipamentos de informática e comunicações (S13) pelas famílias é inelástico. Ao contrário dos investimentos corporativos, que reagem de forma elástica à desaceleração da demanda agregada em busca de retornos em capital e expansão de capacidade produtiva (BCB, 2020; Miguez, Thiago Holanda de Lima, 2018), a aquisição de equipamentos de TIC pelas famílias responde a um ciclo de obsolescência de tecnologia e de substituição de dispositivos (Bisschop; Hendlin; Jaspers, 2022; Malinauskaite; Erdem, 2021). Esse processo, catalogado como obsolescência por incompatibilidade, ocorre mediante atualizações de sistemas operacionais que restringem a vida útil dos equipamentos eletrônicos (Bisschop; Hendlin; Jaspers, 2022; Malinauskaite; Erdem, 2021).

O consumo privado de equipamentos de TIC apresentou leve expansão, evidenciada pelos incrementos anuais em volume de R\$ 1,26 bilhão (2019) e de R\$ 1,38 bilhão (2020) (Tabela 6). Após esses anos, o consumo intermediário de equipamentos de TIC voltou a crescer a taxas positivas (Tabela 6). Não obstante, os investimentos setoriais registraram uma queda de cerca de R\$ 2,9 bilhões (Tabela 6). Esse arrefecimento expõe um dos desdobramentos econômicos do choque recessivo da pandemia de Covid-19 (2020-2022), que provocou uma contração de 1,5% no PIB nacional já no primeiro trimestre de 2020 (BCB, 2020) e interrompeu a trajetória de recuperação econômica do país. Esse recuo abrupto nos aportes para a FBCF transcendeu a incerteza corporativa inerente à períodos de retração econômica, dado que a fabricação nacional de bens de capital caiu 41,5% no mês de abril daquele ano, em relação a março (BCB, 2020), devido às restrições de mobilidade e de distanciamento de pessoas impostas pela crise sanitária (BCB, 2020).

Por fim, na última mudança real da série (2020-2021), todos os indicadores de demanda por manufaturados de TIC apresentaram sinais positivos (Gráfico 12). Pela ótica dos investimentos setoriais, uma parte da retomada na FBCF possui explicação na transição para o modelo de trabalho remoto (Anatel, 2023), cenário em que, para assegurar a continuidade dos negócios com o isolamento social, as empresas aumentaram as aquisições em *hardware* para o aparelhamento de seus colaboradores em domicílio (Softex, 2020).

A expansão do consumo de equipamentos de TIC no biênio 2020-2021 contrasta com a contração da atividade macroeconômica global no mesmo período. A paralisação inicial das indústrias e a interrupção das cadeias globais de suprimentos resultaram em uma crise de escassez global de semicondutores e componentes eletrônicos (OECD, 2024). Entretanto, as vendas anuais de computadores alcançaram 14 milhões de unidades comercializadas em 2021, fator que impulsionou a base ativa do país, no mesmo ano, para 200 milhões de equipamentos em uso (Meirelles, 2024). Cabe destacar a adoção maciça e ininterrupta dos telefones celulares inteligentes (*smartphones*) e dos serviços de *internet* móvel por parte da sociedade brasileira. Entre 2010 e 2019, a penetração da banda larga móvel saltou de 9,7 para 89,5 assinaturas a cada 100 habitantes (OECD, 2020c). Esse movimento estimulou a infraestrutura (*i.e.*, equipamentos de TIC) do setor de telecomunicações, que direcionou 76% de seus investimentos apenas para redes sem fio em 2017 (OECD, 2020c). Dessa maneira, o cenário do período 2010-2021 não exigiu apenas um aumento na fabricação de dispositivos e equipamentos eletrônicos de informática e comunicações (S13), mas também o fornecimento de equipamentos pesados de rede, antenas e roteadores necessários para suportar o tráfego de dados.

As mudanças no uso de Serviços de Informação (S23) apresentaram um comportamento distinto, caracterizado por maior resiliência e por vetores de crescimento ancorados nos setores intermediários (Gráfico 13). No acumulado das variações anuais de 2010 a 2021, a demanda intermediária e a FBCF consolidaram-se como os principais propulsores de crescimento do setor de serviços de TIC (S23). Essa dinâmica evidencia a transição das estratégias das corporações ao longo da década, as quais substituíram a aquisição de ativos de FBCF físicos pela contratação de infraestrutura em nuvem, por licenciamento de software e por assinatura de serviços de TI (ABES, 2024).

TABELA 7 – Variações anuais reais da demanda por serviços de TIC (2011-2021), em R\$ bilhões

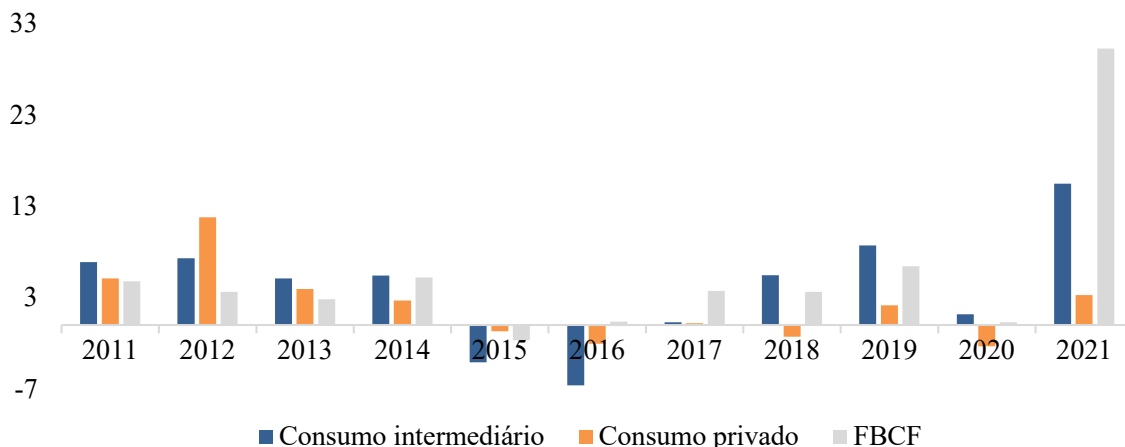
Anos	Consumo intermediário	Consumo privado	FBCF	Demais usuários	Demanda total
2011	6,90	5,09	4,78	-0,10	16,66
2012	7,29	11,81	3,62	0,51	23,23
2013	5,11	3,96	2,82	-0,24	11,65
2014	5,40	2,68	5,21	1,52	14,80
2015	-4,08	-0,68	-1,65	-0,23	-6,65
2016	-6,61	-2,06	0,36	1,22	-7,08
2017	0,28	0,21	3,74	0,56	4,79
2018	5,43	-1,29	3,64	1,14	8,92
2019	8,70	2,17	6,43	-0,48	16,82
2020	1,17	-2,32	0,28	-1,57	-2,43
2021	15,47	3,30	30,27	5,52	54,55
Total acumulado	45,07	22,86	59,49	7,85	135,26

Fonte: Base de dados da pesquisa (Alves-Passoni e Freitas, 2023; Miguez e Freitas, 2021).

Nota: cada variação marginal é resultado da diferença entre a MIP do segundo ano a preços do ano anterior, e a MIP do primeiro ano a preços correntes.

GRÁFICO 13 – Evolução anual da demanda por serviços de TIC (2011-2021)

R\$ bilhões



Fonte: Base de dados da pesquisa (Alves-Passoni e Freitas, 2023; Miguez e Freitas, 2021).

Nota: cada variação marginal é resultado da diferença entre a MIP do segundo ano a preços do ano anterior, e a MIP do primeiro ano a preços correntes.

Cabe destacar que as mudanças de demanda por equipamentos de TIC (Gráfico 12) foram significativamente menores do que por serviços (S23) (Gráfico 13). Contudo, ambos os gráficos mostram trajetórias similares em sentido (exceto para os anos de 2018, 2019 e 2020). Ademais,

a oferta intermediária e final de Serviços de informação (S23) depende intrinsecamente de insumos e da infraestrutura (capital fixo) de Equipamentos de informática e comunicações (S13) (Tabelas 2 e 4).

De forma similar ao segmento de equipamentos, a demanda por serviços de TIC (Gráfico 13) acompanhou a trajetória do PIB (Gráfico 11). Essa correlação manifestou-se claramente entre 2011 e 2014, período de expansão generalizada em todos os componentes de demanda do setor S23. Contudo, a crise de 2014-2016 impôs retrações ao mercado; apenas em 2015 e 2016, as variações negativas somaram R\$ 13,73 bilhões na produção do setor (Tabela 7). O consumo intermediário, principal usuário de serviços de TIC (Gráfico 9), registrou queda de aproximadamente R\$ 6,6 bilhões em 2016, desempenho que, somado à retração do consumo privado (R\$ 2,06 bilhões), comprometeu o desempenho dos Serviços de Informação (Tabela 7). No mesmo ano, apenas a FBCF e as exportações apresentaram resultados positivos. A despeito do choque recessivo, os investimentos em ativos de serviços de TIC demonstraram um movimento anticíclico, com variação positiva de R\$ 360 milhões (Tabela 7).

Essa trajetória do investimento em serviços de TIC expõe o papel dos *softwares*, desde sistemas integrados de gestão (ERP, do inglês *Enterprise Resource Planning*) até soluções de inteligência analítica, que abrangem inteligência de negócios (BI, do inglês *Business Intelligence*) e soluções de análise de dados (do inglês, *Analytics*), como instrumentos de otimização de custos e ganho de eficiência operacional (Meirelles, 2024). A tendência é corroborada pelas taxas de gastos e investimentos em TI (relação TI/receita líquida) nas médias e grandes empresas brasileiras (MGEs), que se mantiveram em níveis elevados (7,6%) mesmo durante a crise de 2014-2016 (Meirelles, 2024). No triênio 2017-2019, o Gráfico 13 expõe uma recuperação ancorada nos setores intermediários, com um crescimento acumulado no consumo de insumos de serviços TIC em aproximadamente R\$ 14,42 bilhões, e de R\$ 13,80 bilhões para a FBCF (Tabela 7). Nesses anos (2017-2019), as MGEs brasileiras direcionaram uma média histórica de 8% de suas receitas líquidas para o orçamento operacional e de investimentos em TI (Meirelles, 2024). Esses aportes se dividem estruturalmente, em média, em fatias destinadas a investimentos em ativos físicos e lógicos⁴⁶ (32%), salários (36%) e despesas operacionais correntes (32%) (Meirelles, 2024).

⁴⁶ *i.e.*, ativos físicos e intangíveis em TI

Por fim, a análise do biênio 2020-2021 evidencia uma alteração atípica na absorção de Serviços de informação. No ano de 2020, embora o volume absoluto de investimentos (FBCF) nesses ativos tenha se mantido positivo, o incremento marginal do exercício limitou-se a 280 milhões. Já o ano de 2021 registrou uma expansão superior a 30 bilhões na FBCF nacional e pelo acréscimo de aproximadamente 15,4 bilhões no consumo intermediário (Tabela 7). Comparativamente, em 2020 o mercado de capitais de Equipamentos de informática e comunicações (S13) registrou uma queda marginal de R\$ 2,90 bilhões, e em 2021 demonstraram um aumento modesto de R\$ 394 milhões.

A maior resiliência do setor de serviços TIC em 2021 se deve às adaptações operacionais demandadas durante a pandemia de Covid-19, que intensificaram a adoção do trabalho remoto pelas firmas. Nesse contexto, a urgência em manter a continuidade do negócio forçou a adoção de serviços digitais, como computação em nuvem, ferramentas de colaboração e segurança cibernética (Softex, 2020). Essa tendência consolidou a sua posição nos anos subsequentes, uma vez que, em maio de 2024, os serviços de computação em nuvem passaram a responder, em média, por 45% do processamento de dados nas MGEs nacionais (Meirelles, 2024).

TABELA 8 – Variação acumulada dos vetores de demanda por TICs (2010-2021), em R\$ bilhões

Vetores	Equipamentos (S13)		Serviços (S23)	
	R\$ bilhões	Part. %	R\$ bilhões	Part. %
Consumo intermediário	8,25	29,0	45,06	33,3
Demanda final	20,17	71,0	90,20	66,7
Consumo das famílias	20,03	70,5	22,86	16,9
FBCF	2,80	9,8	59,49	44,0
Exportação de bens e serviços	-3,69	-13,0	8,66	6,4
Consumo do governo	0,00	0,0	0,01	0,0
Consumo das ISFLSF	-	-	-	-
Variação de estoque	1,02	3,6	-0,82	-0,6
Total da Produção	28,42	100,0	135,26	100,0

Fonte: Base de dados da pesquisa (Alves-Passoni e Freitas, 2023; Miguez e Freitas, 2021).

Nota: Valores calculados via encadeamento de variações anuais, definidos pela diferença entre a MIP do ano corrente a preços do ano anterior, e a MIP do ano anterior a preços correntes.

Sob outra ótica, a Tabela 8 detalha as variações acumuladas (soma de todas as mudanças anuais) da demanda intermediária e final por TICs entre 2010 e 2021. A distinção entre o crescimento dos setores da manufatura (S13) e de serviços (S23) é notória: no segmento dos serviços, a variação total da produção atingiu R\$ 135,26 bilhões, um volume quase cinco vezes superior

ao observado para equipamentos (R\$ 28,42 bilhões) (Tabela 8). Esse avanço decorre, majoritariamente, da FBCF nacional e do consumo intermediário, que responderam por 44% e 33,3% da variação total do setor S23, respectivamente (Tabela 8). Isso torna mais evidente o movimento de transição da estratégia industrial em acumular capital de TIC via ativos de serviços, em que as firmas substituíram a compra de Equipamentos de informática e comunicações (S13) pela contratação de Serviços de informação (S23) digitais (para o processamento de informação) e de telecomunicações (para a transmissão das informações).

Embora a FBCF tenha impulsionado as maiores variações no produto total do setor S23 (Tabela 8), o consumo intermediário nacional manteve a proeminência em termos de participação relativa no período 2010-2021. Este componente absorveu, em média, 52,3% de toda a produção de Serviços de Informação (Gráfico 9). A aparente contradição entre os dados justifica-se pela natureza de cada indicador, enquanto o Gráfico 9 mensura o peso relativo anual de cada componente na produção, a Tabela 8 detalha as variações acumuladas no período completo. Em outras palavras, o Gráfico 9 retrata a estrutura de participação na produção total de cada ano, ao passo que a Tabela 8 demonstra a contribuição de cada componente para a mudança real líquida do setor S23 ao longo do período. Por outro lado, o consumo privado de serviços de TIC (S23) representou uma parcela menor (16,9%) das mudanças acumuladas na produção do setor (Tabela 8). Além disso, a sua participação relativa na demanda total recuou continuamente entre 2010 e 2021, trajetória oposta à observada na FBCF, cujo peso na estrutura de demanda do setor S23 expandiu-se sucessivamente (Gráfico 9). No âmbito das exportações, os Serviços de informação apresentaram um superávit acumulado de R\$ 8,66 bilhões (Tabela 8); saldo que sugere um aumento da competitividade no mercado internacional.

Sob outra perspectiva, as variações acumuladas da demanda por Equipamentos de TIC (S13) concentram-se no consumo privado, componente correspondente a 70,5% do crescimento da atividade (Tabela 8). Enquanto as parcelas relativas ao consumo intermediário (29%) e à FBCF (9,8%) exibiram contribuições de menor magnitude (Tabela 8). Esse resultado atesta a mudança na composição do capital de TIC das atividades econômicas, que priorizaram a modernização de seu capital fixo por meio de Serviços de informação.

TABELA 9 – Participação setorial nas mudanças reais positivas no consumo intermediário de TIC (2010-2021)

Uso de Equipamentos (S13)		Uso de Serviços (S23)	
Setores	Part. (%) na variação total	Setores	Part. (%) na variação total
Equipamentos de informática e comunicações	78,4	Serviços de informação	42,2
Serviços de informação	10,9	Outros serviços	15,6
Outros serviços	3,7	Administração Pública	14,3
Petróleo e gás	1,2	Instituições financeiras e imobiliárias	10,6
Máquinas e equipamentos	1,0	Comércio	8,2
15 demais setores (somados)	4,8	16 demais setores (soma)	9,0
Variação total (R\$ Milhões)	8668,80	Variação total (R\$ Milhões)	46922,62

Fonte: Base de dados da pesquisa (Alves-Passoni e Freitas, 2023; Miguez e Freitas, 2021).

Nota: Valores calculados via encadeamento de variações anuais, definidos pela diferença entre a MIP do ano corrente a preços do ano anterior, e a MIP do ano anterior a preços correntes.

TABELA 10 – Participação setorial nas mudanças reais negativas no consumo intermediário de TIC (2010-2021)

Uso de Equipamentos (S13)		Uso de Serviços (S23)	
Setores	Part. (%) na variação total	Setores	Part. (%) na variação total
Veículos automotores e peças	51,9	Veículos automotores e peças	79,4
Construção civil	28,2	Têxtil e Calçados	16,8
Administração Pública	14,0	Outros Eletroeletrônicos	2,0
Têxtil e Calçados	3,1	Refino de Petróleo	1,7
Serviços Industriais de utilidade pública	2,1	Etanol e outros biocombustíveis	0,1
Siderurgia e Metalurgia	0,8	-	-
Variação total (R\$ Milhões)	-416,60	Variação total (R\$ Milhões)	-1858,36

Fonte: Base de dados da pesquisa (Alves-Passoni e Freitas, 2023; Miguez e Freitas, 2021).

Nota: Valores calculados via encadeamento de variações anuais, definidos pela diferença entre a MIP do ano corrente a preços do ano anterior, e a MIP do ano anterior a preços correntes.

Concomitantemente, a demanda externa retraiu a produção doméstica de equipamentos, com queda acumulada de R\$ 3,68 bilhões nas exportações (Tabela 8), o que demonstra menor competitividade frente à concorrência global em relação à oferta nacional de serviços TIC (S23). Em suma, os dados da Tabela 8 evidenciam um período de desmaterialização, em que os investimentos e os custos intermediários passaram a incorporar mais serviços de TIC, ao passo que o crescimento da demanda por Equipamentos de informática e comunicações (S13) se mostrou mais dependente do consumo privado (Tabela 8).

De forma complementar às trajetórias de demanda final, impõe-se a discriminação das participações setoriais mais expressivas nas alterações do consumo intermediário de TIC ao longo do período de 2010 a 2021 entre mudanças positivas (Tabela 9) e negativas (Tabela 10). Os avanços positivos por Serviços de Informação (S23) se mostraram sistêmicos e de grande magnitude, com um volume acumulado de R\$ 46,92 bilhões. Já as mudanças positivas de demanda por insumos de Equipamentos de informática e comunicações (S13) foram 81,5% menores (R\$ 8,66 bilhões) e mais concentradas. O próprio setor S13 foi responsável por 78,4% das variações positivas de demanda intermediária por seus insumos (Tabela 9). No entanto, o autoconsumo no setor S23 representou 42,2% do aumento nos serviços intermediários, ao passo que o grupo formado por Outros serviços, Administração Pública e Instituições financeiras e imobiliárias foi responsável por 40,5% desse movimento (Tabela 9). Em suma, os dados mostram que a demanda por serviços de TIC possui uma base de usuários mais diversificada e integrada à estrutura produtiva do que o setor de equipamentos (S13).

Sob outra perspectiva, as variações positivas da demanda intermediária por Serviços de Informação (S23) concentraram-se em atividades privadas e públicas do setor terciário (Tabela 9). Em contrapartida, o *ranking* dos setores que mais ampliaram a demanda por equipamentos (S13) é mais heterogêneo, este grupo inclui segmentos terciários e indústrias do setor secundário, a exemplo da extrativa (Petróleo e gás) e da de transformação (Máquinas e equipamentos) (Tabela 9). O que demonstra que, enquanto a demanda por Serviços de Informação alcança múltiplos setores de serviços, o consumo de insumos de equipamentos TIC vincula-se a nichos industriais específicos e de alta intensidade de capital. Observa-se uma intensificação dos serviços TIC via insumos pelo setor de Instituições Financeiras, que aparece como o 4º vetor de crescimento no período 2010-2021 (Tabela 9). Esse comportamento se relaciona com o processo de digitalização bancária no Brasil⁴⁷. Como reflexo dessa transição, a proporção de transações financeiras realizadas por celulares e computadores avançou de 30% em 2008 para 82% em 2022 (Meirelles, 2024).

Quanto às variações negativas no consumo intermediário de TIC, a fabricação de Veículos Automotores (S16) registrou as maiores reduções no uso de ambos os insumos (Tabela 10). Durante o período 2010-2021, setor S16 retraiu sua demanda em R\$ 216 milhões para equipamentos (S13) e em R\$ 1,47 bilhão para serviços (S23). Essa retração indica que a

⁴⁷ Esse processo é detalhado pelos relatórios da (UNESCO, 2021) e da (Anatel, 2023b).

modernização tecnológica da indústria automotiva não ocorreu pela via das despesas operacionais correntes, mas por meio da incorporação de ativos de capital fixo. Em paralelo, o setor de Construção civil (S19), embora ocupe a 7^a posição no *ranking* nacional (2021) das atividades que mais incorporam Equipamentos de informática e comunicações (S13) na forma de insumos, registrou declínio de 1% em sua participação relativa neste mercado (Tabela 2) e foi responsável por 28,2% do total das retrações no uso de insumos de equipamentos de TIC (S13) na economia (Tabela 10).

Em sentido análogo ao setor S16, a indústria de Têxtil e calçados (S6) também diminuiu o uso de ambos os insumos de TIC no acumulado do período 2010-2021. A atividade S6 retraiu o seu consumo de equipamentos em R\$ 12,9 milhões e o de serviços em R\$ 312 milhões (Tabela 10). O que também sugere uma intensificação em TICs via investimentos (FBCF). Em contrapartida, os serviços de Administração Pública (S25) evidenciaram uma substituição de insumos físicos (S13) por serviços de TIC (S23). O setor terciário público reduziu sua demanda real por equipamentos TIC em R\$ 58,32 milhões no acumulado do período (Tabela 10), ao mesmo tempo em que acumulou R\$ 6,71 bilhões de demanda intermediária por serviços (Tabela 9).

As demais retrações na demanda real detalhadas na Tabela 10 apresentaram menor magnitude. Os Serviços Industriais de Utilidade Pública (SIUP) e a Siderurgia e Metalurgia responderam, em conjunto, por 2,9% do total das variações negativas dos insumos de equipamentos (S13). Por sua vez, as atividades de Outros Eletroeletrônicos e de Refino de Petróleo, Etanol e outros biocombustíveis concentraram 3,84% do recuo total no consumo intermediário de Serviços de Informação (S23).

Sob outra perspectiva, as Tabelas 11 e 12 evidenciam a dicotomia das mudanças de investimento (FBCF) em TIC na economia brasileira entre 2010 e 2021. Em contraste com o crescimento da demanda intermediária por TIC (Tabela 9), a expansão dos ativos de equipamentos (S13) mostrou-se mais distribuída entre as atividades (Tabela 11).

TABELA 11 – Participação setorial nas mudanças reais positivas nos investimentos (FBCF) em TICs (2010-2021)

Uso de Equipamentos (S13)		Uso de Serviços (S23)	
Setores	Part. (%) na variação total	Setores	Part. (%) na variação total
Serviços de informação	19,0	Serviços de informação	35,9
Agropecuária	18,6	Veículos automotores e peças	18,0
Comércio	11,6	Alimentos, bebidas e fumo	8,4
Alimentos, bebidas e fumo	9,3	Indústrias diversas	7,6
Químicos	6,9	Serviços Industriais de utilidade pública	4,7
12 demais setores (soma)	34,6	13 demais setores (soma)	25,4
Variação total (R\$ Milhões)	5767,60	Variação total (R\$ Milhões)	60293,74

Fonte: Base de dados da pesquisa (Alves-Passoni e Freitas, 2023; Miguez e Freitas, 2021).

Nota: Valores calculados via encadeamento de variações anuais, definidos pela diferença entre a MIP do ano corrente a preços do ano anterior, e a MIP do ano anterior a preços correntes.

TABELA 12 – Participação setorial nas mudanças reais negativas nos investimentos (FBCF) em TICs (2010-2021)

Uso de Equipamentos (S13)		Uso de Serviços (S23)	
Setores	Part. (%) na variação total	Setores	Part. (%) na variação total
Administração Pública	47,7	Refino de Petróleo	100
Construção civil	17,6	-	-
Outros serviços	15,2	-	-
Veículos automotores e peças	9,5	-	-
Transporte e armazenagem	6,6	-	-
4 demais setores (soma)	3,5	-	-
Variação total (R\$ Milhões)	-2969,53	Variação total (R\$ Milhões)	-801,27

Fonte: Base de dados da pesquisa (Alves-Passoni e Freitas, 2023; Miguez e Freitas, 2021).

Nota: Valores calculados via encadeamento de variações anuais, definidos pela diferença entre a MIP do ano corrente a preços do ano anterior, e a MIP do ano anterior a preços correntes.

Por sua vez, as alterações positivas nos ativos de Serviços de Informação (S23) concentraram-se no próprio setor S23 e em atividades da indústria de transformação (Tabela 11). Ademais, como era esperado, a evolução da FBCF em TICs pela atividade de Serviços de Informação (S23) acompanhou o seu crescimento no período (Tabela 8), o que demandou maiores aportes (R\$ 1,09 bilhão) em infraestrutura de Equipamentos de Informática e Comunicações (S13) para a viabilização de suas operações (Tabela 11).

O setor Agropecuário (S1) destaca-se como o segundo que mais investiu em equipamentos de TIC no período de 2010 a 2021, com uma variação positiva de R\$ 1,07 bilhão (Tabela 11). A Tabela 4 evidencia que o setor S1 registrou um crescimento contínuo em sua participação no total de ativos de Equipamentos de informática e comunicação destinados à FBCF nacional. A representatividade desse setor primário saltou de 3,3% em 2010 para 5,6% ao final da série, em 2021 (Tabela 4). O Comércio (S20) também apresentou variação positiva relevante, com aporte de R\$ 670,7 milhões. Esse desempenho acompanhou seu aumento no peso relativo na estrutura de investimentos em equipamentos TIC, posição que o consolidou no terceiro lugar do *ranking* setorial em 2021 (Tabela 4).

Enquanto a Agropecuária demonstrou uma expansão proporcionalmente maior no período, o desempenho do setor de Comércio reforçou a tendência de modernização tecnológica em seus serviços de distribuição. Ambos os segmentos evidenciam um movimento de intensificação do capital em equipamentos TIC, a Agropecuária foca no incremento da produtividade no campo (*e.g.*, com o uso de sensores de precisão e drones de monitoramento), ao passo que o Comércio prioriza a produtividade suas operações (*e.g.*, via integração multicanal⁴⁸ e eficiência na entrega de última milha⁴⁹). Tais processos demandam uma infraestrutura robusta de servidores e dispositivos móveis para a gestão de estoques e a roteirização inteligente⁵⁰ de mercadorias.

Já o agregado dos setores de Alimentos, bebidas e fumo (S5) e Químicos (S10) somou 16,2% (R\$ 935 milhões) do crescimento da FBCF nacional em equipamentos TIC (Tabela 11). Esse desempenho é impulsionado pelos requisitos de modernização da Indústria 4.0 e pelo rigor normativo desses setores⁵¹, que requerem, *e.g.*, o monitoramento automatizado de redes de frio⁵² e da rastreabilidade de lotes. Tais processos se beneficiam do uso de dispositivos móveis (como *tablets*) que, integrados via redes sem fio, podem comunicar-se em tempo real com equipamentos de *Internet* das Coisas (IoT, do inglês *Internet of Things*), que permitem o monitoramento contínuo de estoques e o controle remoto de variáveis críticas, como temperatura e umidade.

⁴⁸Do inglês, *omnichannel*. É uma estratégia de varejo que integra canais físicos e digitais de forma simultânea.

⁴⁹Do inglês, *Last Mile*. É a etapa final da cadeia logística, compreendida entre o último centro de distribuição e o destino de entrega ao consumidor final.

⁵⁰Aplicação de algoritmos de otimização e geoprocessamento para o planejamento de trajetos logísticos.

⁵¹Por exemplo, a Resolução de Diretoria Colegiada nº 275 (Brasil, 2002) e Portaria n.º 229, de 24 de maio (Brasil, 2011b).

⁵²Sistemas de controle térmico, para armazenamento e transporte, que garantem a integridade de produtos sensíveis à temperatura.

Por outro lado, observa-se uma mudança de perfil no setor de Veículos Automotores e peças (S16), que registrou queda generalizada no uso de insumos de TIC (Tabela 9). A Tabela 11 atesta que o setor S16 priorizou a digitalização via capital fixo de Serviços de Informação (S23), enquanto recuou o investimento direto em equipamentos próprios (Tabela 12). No período de 2010 a 2021, a atividade S16 evidenciou um movimento de substituição interna dos ativos fixos de TIC; registrou-se um aumento acumulado de R\$ 10,87 bilhões nos aportes em capitais de serviços (S23), em contraposição à queda simultânea de R\$ 282 milhões em capitais de equipamentos (S13). Já o agregado das atividades de Alimentos, bebidas e fumo (S5), Indústrias diversas (S17) e Serviços Industriais de utilidade pública (SIUP) (S18) somou 20,7% das mudanças positivas de FBCF em serviços (S23). Em termos de magnitude, esse montante foi 15,2% menor do que a absorção desses mesmos ativos pelo próprio setor S23. Esse movimento corrobora que esses setores passaram a terceirizar suas soluções internas para gerir suas operações, como processamento de dados, *softwares* sob subscrição. Soma-se a isso o investimento em redes sem fio, que proporcionam a infraestrutura de conectividade que viabiliza a operação integral dessas soluções digitais.

Destaca-se o setor de SIUP (S18), que apresentou investimento relevante em serviços de TIC (R\$ 2,80 bilhões) (Tabela 11). Esse montante demonstra a digitalização dos serviços de infraestrutura pública, o que engloba atividades de geração e distribuição de energia elétrica, abastecimento de água, esgotamento sanitário e gestão de resíduos. Para essas áreas, os serviços de informação (S23) atuam como suporte para a implementação de infraestruturas inteligentes (*e.g.*, as *Smart Grids*⁵³ na distribuição de energia e as *Smart Water Networks*⁵⁴ no saneamento e abastecimento de água). Na rede elétrica, tais soluções viabilizam o controle de carga em tempo real, no setor hídrico, permitem a detecção precoce de vazamentos e a automação de bombas. Além disso, o uso de capitais (FBCF) de serviços substitui a expansão de estruturas analógicas por uma gestão orientada a dados, o que eleva a eficiência operacional e a segurança das redes de utilidade pública.

Em contrapartida, a Administração Pública (S25) liderou as variações negativas na FBCF de equipamentos, com uma redução de R\$ 1,41 bilhão no acumulado de 2010-2021. Esse montante representou quase metade de todas as quedas de FBCF em equipamentos no período (Tabela

⁵³ As redes inteligentes (*Smart Grids*) utilizam fluxos bidirecionais de energia e dados para eficiência da rede elétrica.

⁵⁴ As redes de água inteligentes (*Smart Water Networks*) referem-se a sistemas integração entre infraestrutura física (canos, bombas, reservatórios) e tecnologia digital (sensores de telemetria, *softwares* e algoritmos).

12). Tal retração evidencia que o setor terciário público priorizou a contratação de serviços de TIC como insumos intermediários (Tabela 9), em substituição à expansão de sua infraestrutura própria de equipamentos. Além disso, essa mudança reflete uma transição estrutural e deliberada do governo rumo à terceirização e à computação em nuvem (Lima, 2012; Mitkiewicz, 2024). Como a aquisição direta de infraestrutura gera altos custos de manutenção e está sujeita à rápida obsolescência, os gestores públicos passaram a priorizar a contratação de serviços de TIC como insumos intermediários, com preferência para a licitação de soluções completas que já incluem a colocação, a operação e a manutenção dos equipamentos por fornecedores privados (Lima, 2012; Sousa e Oliveira, 2010).

Os setores de Construção (S19) e Outros Serviços (S26) também registraram altas quedas em seus investimentos em equipamentos de TIC. Juntos, eles responderam por 32,78% da queda da FBCF nacional desses ativos no acumulado entre 2010 e 2021 (Tabela 12). Embora apresentem retrações similares, tais setores possuem dinâmicas distintas. A Construção Civil (S19), que já não integra o grupo de atividades com maior consumo de capitais de TIC (Tabelas 4 e 5), apresentou declínio adicional no uso de equipamentos próprios, tanto em termos de formação de capital quanto de insumos. Sob a ótica do consumo intermediário, embora o setor S19 se posicione entre as dez atividades com maior utilização de equipamentos de TIC, observou-se perda de sua participação relativa (Tabela 2) e queda real no consumo desses ativos de FBCF no acumulado 2010-2021 (Tabela 10).

Por sua vez, o setor de Outros Serviços (S26) se apresentou como o principal investidor nacional em equipamentos de TIC no período 2010-2021, embora sua participação relativa na estrutura de demanda por esses ativos tenha oscilado. Em 2010, o setor detinha 19,2% de participação, mas finalizou o período, em 2021, com uma retração de 1,5 ponto percentual em relação ao ano base (Tabela 4). A princípio essa evidência poderia refletir apenas o aumento simultâneo da participação de outros setores, porém os dados da Tabela 12 mostram que o S26 apresentou uma queda real de R\$ 451,1 milhões no uso de equipamentos de TIC. Portanto, a redução não decorre apenas de um ajuste proporcional na estrutura de mercado, mas de uma diminuição efetiva na absorção desses ativos pelo setor. Além disso, esse movimento de retração é particularmente relevante uma vez que o setor S26 abrange atividades intensivas em conhecimento, como serviços técnico-científicos e assessoria a empresas e indústrias. A queda observada sugere que nem mesmo as atividades de suporte empresarial e científico foram poupadas da tendência de desinvestimento em equipamentos próprios no período analisado.

Já o setor de Refino de Petróleo (S8) registrou a única variação negativa na FBCF de Serviços de informação (S23) no período 2010-2021, com recuo de R\$ 801 milhões (Tabela 12). Esse dado isolado sugere uma descompressão nos investimentos em serviços especializados após o ciclo de maturação de grandes projetos de infraestrutura setorial. Diferente de outros segmentos industriais, o setor S8 possui ciclos de investimento de longo prazo. Dessa maneira, essa redução no aporte de capitais de serviços (S23) pode refletir ajustes operacionais na integração de sistemas de controle e/ou o encerramento de contratos vinculados à expansão de unidades físicas anteriores.

A análise das mudanças setoriais no uso de TIC, sob as óticas do consumo intermediário e do investimento, expõe evidências sobre a difusão dessas tecnologias. Observou-se que o aumento da FBCF em TIC foi mais generalizado do que o verificado via consumo intermediário. Ou seja, uma proporção maior de atividades econômicas reduziu o uso de TIC como insumo, enquanto, na perspectiva da formação de capital, um grupo menor de setores apresentou queda real no uso desses ativos no acumulado de 2010-2021. Por fim, constatou-se o movimento de desmaterialização das TICs sob ambas as óticas (consumo intermediário e FBCF), tendência previamente atestada na evolução dos componentes de demanda por equipamentos e serviços (Gráficos 8 e 9).

Com a base empírica consolidada, a seção subsequente detalha os resultados do modelo de decomposição estrutural.

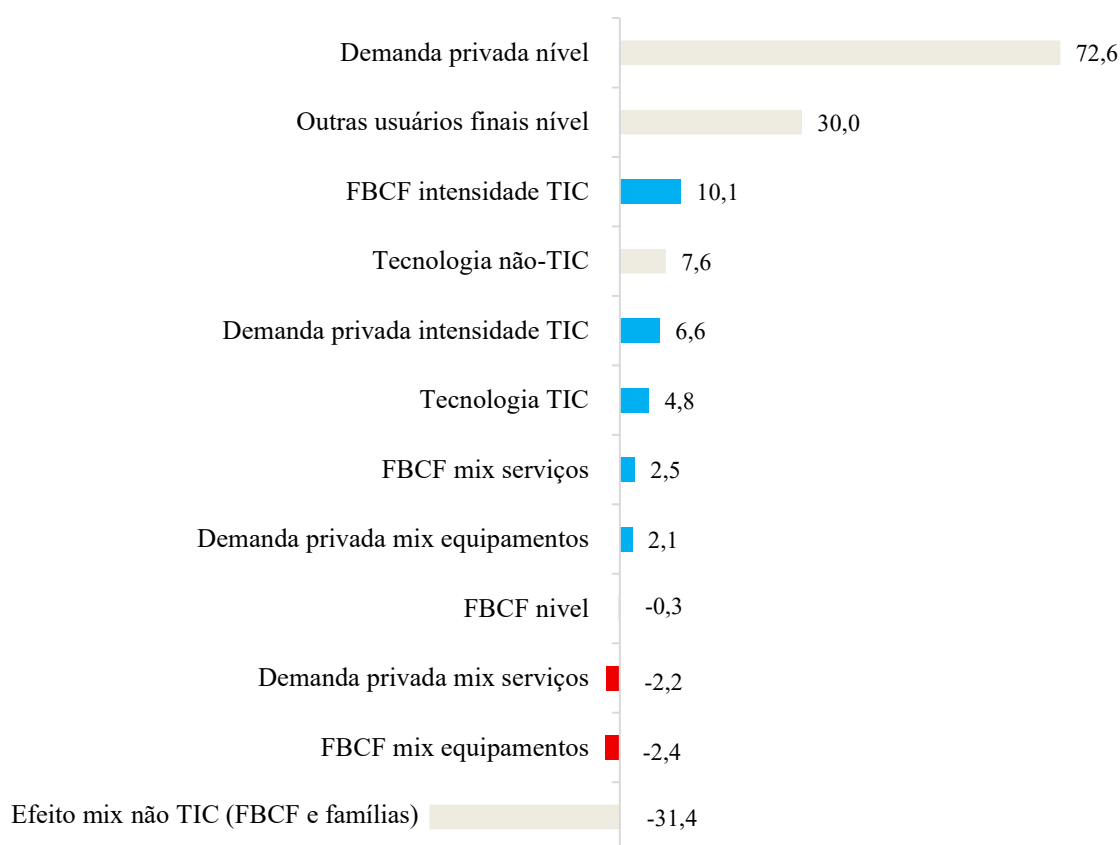
4.2 Decomposição do VBP nacional

A seção anterior explorou as variações diretas das demandas intermediárias e finais por TICs. Esta seção, em contrapartida, dedica-se à mensuração das contribuições sistêmicas de tais mudanças. Por meio da aplicação da Análise de decomposição estrutural (SDA, do inglês *Structural Decomposition Analysis*), quantificam-se as contribuições totais (diretas e indiretas) propagadas na estrutura produtiva em função do uso dessas tecnologias.

O Gráfico 14 apresenta a decomposição estrutural macroeconômica das variações do valor bruto da produção (VBP) no Brasil, que cresceu R\$ 702,32 bilhões entre 2010 e 2021. Para assegurar a consistência contábil (fechamento em 100%), as contribuições residuais foram agregadas sob as rubricas “Efeito *mix* não TIC” e “Outros usuários finais”. Como esperado em

análises macroeconômicas, observa-se que os maiores ganhos de crescimento do produto nacional se originaram de mudanças dos níveis do consumo privado (72,6%) e dos demais usuários finais (30%). Isso evidencia a expansão do volume agregado de demanda. Para as famílias, esse fenômeno se traduz na expansão do consumo impulsionada pelo crescimento extensivo (demográfico) e intensivo (aumento da renda) (Miller; Blair, 2009; Tiebout, 1969). De maneira semelhante, essas mudanças afetam os governos locais, cujas despesas, assim como as das famílias, respondem de forma endógena à renda e à atividade econômica gerada (Conway, 1980). Paralelamente, esse crescimento econômico aciona o princípio da aceleração, que induz as empresas a elevarem seus investimentos como forma de aumentar a capacidade produtiva (Carter, 1970; Conway, 1980).

**GRÁFICO 14 – Decomposição estrutural do crescimento do VBP do Brasil:
contribuições relativas (2010-2021) (part. %)**



Fonte: Resultados da pesquisa.

Nota: A variação real total do VBP (100%), que corresponde ao denominador das participações, totalizou R\$ 702,32 bilhões no período 2010-2021, conforme a soma acumulada das variações anuais com ajuste de base móvel (diferença entre a MIP do ano corrente a preços do ano anterior e a MIP do ano anterior a preços correntes).

Destarte, a maior relevância analítica da decomposição do Gráfico 14 deriva das mudanças específicas atreladas à demanda por TICs, que somaram 21,5% das contribuições para o produto nacional. Entre elas, destacam-se as contribuições promovidas por alterações na intensidade de TIC dos investimentos setoriais (FBCF). O aprofundamento destes capitais fixos na estrutura produtiva foi responsável por 10,1% de todo o crescimento do VBP nacional. Já o movimento de servicificação dos investimentos em TIC (seção 4.1) constata-se pela contribuição positiva do *mix* de serviços (2,5%) em oposição ao *mix* de equipamentos (-2,4%) (Gráfico 14).

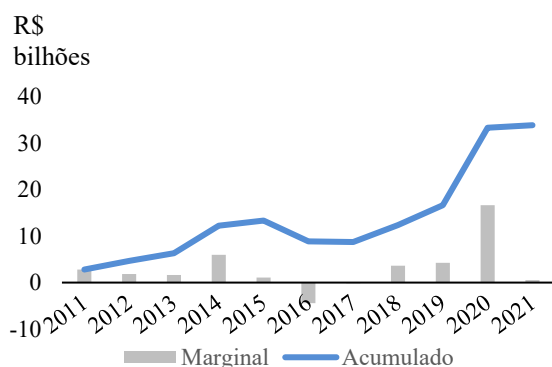
Quanto às alterações diretas na matriz de coeficientes técnicos de insumo-produto, *i.e.*, as contribuições tecnológicas, os resultados do Gráfico 14 demonstram que as mudanças técnicas no uso de TICs foram responsáveis, de forma isolada, por 4,8% de todo o crescimento do produto no período de 2010 a 2021. A magnitude desta contribuição torna-se mais relevante ao contrastá-la com o impacto das mudanças tecnológicas não TIC (7,6%) (Gráfico 14). Essa configuração dos resultados demonstra que os ganhos gerados pela intensificação dos insumos TIC na estrutura de produção das atividades superaram mais da metade de todas as demais alterações técnicas de insumos ocorridas na economia brasileira (2010-2021).

Em relação ao consumo privado, para além do ganho de escala, as mudanças na intensidade de TIC foram responsáveis por gerar uma contribuição autônoma e positiva de 6,6% para o crescimento da produção nacional (Gráfico 14). Ao desagregar a dinâmica interna da cesta privada de consumo, o modelo de decomposição permitiu isolar o efeito composição (*mix*) das TICs entre produtos e serviços (Equação 11). Os resultados decompostos indicaram ganhos positivos para as alterações na composição do uso de equipamentos, e negativos para as mudanças no uso de serviços. Como já explorado na análise descritiva, entre 2010 e 2021, o crescimento do setor de Serviços de informação (S23) dependeu proporcionalmente mais da FCBF e do consumo intermediário do que do consumo privado (Tabela 7). Enquanto para o setor de equipamentos de TIC, o consumo das famílias foi o principal vetor de demanda no mesmo período, responsável por 70% do crescimento dessas atividades (Tabela 6).

No entanto, a perda de participação dos Serviços de informação na cesta de TIC da demanda privada, que gerou contribuições negativas para o efeito *mix*, ocorreu devido a um aumento proporcionalmente maior no uso de equipamentos de informática e comunicações ao longo dos anos 2010 a 2021. As perdas geradas para o VBP nacional advindas dessas mudanças foram

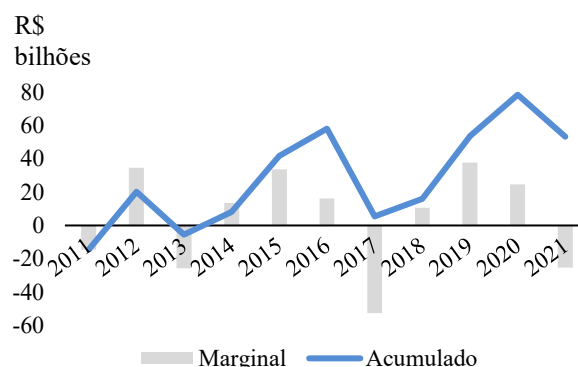
aproximadamente compensadas pelo efeito gerado pelo movimento simultâneo de aumento da parcela dos equipamentos físicos (S13) na cesta de TIC das famílias (2,1%) (Gráfico 14).

GRÁFICO 15 – Evolução marginal e acumulada das contribuições tecnológicas de TIC (2011-2021)



Fonte: Resultados da pesquisa.

GRÁFICO 16 – Evolução marginal e acumulada das contribuições tecnológicas não TIC (2011-2021)



Fonte: Resultados da pesquisa.

Na ótica setorial, a segmentação das contribuições tecnológicas permitiu isolar os efeitos totais da evolução da adoção de insumos TIC (Gráfico 15) das demais mudanças na matriz de coeficientes técnicos (Gráfico 16). Os resultados mostram que, no acumulado, as contribuições de alterações tecnológicas de insumos TIC apresentaram uma trajetória mais linear e com tendência crescente entre 2010 e 2021. Essa evolução foi temporariamente contida pela recessão de 2014-2016, mas voltou a crescer em 2018 (Gráfico 15). No biênio 2015-2016 em específico, a recessão gerou um efeito marginal negativo que retraiu o saldo acumulado das contribuições de R\$ 13,32 bilhões para R\$ 8,89 bilhões em 2016 (Tabela 13). Contudo, o aspecto mais proeminente da série ocorre no ano de 2020, em que o efeito *tech*-TIC promoveu um ganho marginal de R\$ 16,68 bilhões (Tabela 13 e Gráfico 15), o que verticalizou a curva e elevou o estoque acumulado das contribuições para R\$ 33,87 bilhões ao final de 2021. A dinâmica desses anos finais da série mostra que apesar das implicações negativas geradas pela pandemia de Covid-19, tanto para a sociedade quanto para a economia, as reestruturações técnicas dos coeficientes de TIC setoriais ocorridas neste período promoveram contribuições positivas para a produção nacional.

TABELA 13 – Contribuições tecnológicas marginais e acumuladas (2011-2021), em bilhões

Período	Tecnologia TIC		Tecnologia não TIC	
	Marginal	Acumulada	Marginal	Acumulada
2011	2,81	2,81	-14,46	-14,46
2012	1,87	4,68	34,62	20,17
2013	1,60	6,28	-25,60	-5,43
2014	5,98	12,26	13,55	8,12
2015	1,06	13,32	33,68	41,80
2016	-4,42	8,89	16,20	58,00
2017	-0,13	8,76	-52,52	5,48
2018	3,63	12,39	10,60	16,07
2019	4,24	16,64	37,63	53,70
2020	16,68	33,32	24,69	78,39
2021	0,55	33,87	-25,21	53,19

Fonte: Resultados da pesquisa.

Em contraste, as contribuições atreladas às mudanças no uso de insumos não TIC apresentaram alta volatilidade (Gráfico 16). Esse comportamento reflete uma instabilidade generalizada desses coeficientes técnicos ao longo dos anos analisados. Em outras palavras, a estrutura de custos da economia brasileira relacionada a todos os insumos não TIC foi frequentemente alterada por flutuações de curto prazo, que refletem movimentos de substituição física de materiais e/ou volatilidade de preços relativos. Estudos clássicos sobre a estabilidade temporal das matrizes, como o da Carter (1970, cap. 6), demonstraram que as estruturas de insumos intermediários se adaptam continuamente em resposta à introdução de novos insumos concorrentes, o que gera constantes efeitos de substituição tecnológica. Adicionalmente, essas estruturas são altamente sensíveis a choques de preços relativos (Carter, 1970, cap. 9; Conway, 1980), o que força as empresas a otimizarem custos através de substituições de insumos e alterações na composição de seus produtos. Como consequência das sucessivas adaptações a esses fatores conjunturais, as trajetórias de evolução do consumo intermediário tendem a assumir variações erráticas, desiguais e sem padrão (Bezdek, 1978).

A partição da matriz de coeficientes técnicos em submatrizes ΔA_{TIC} e $\Delta A_{\text{não-TIC}}$ diferenciou a volatilidade dos insumos tradicionais (não TIC) como um componente residual. Em termos analíticos, essa segregação evitou que o ruído conjuntural do restante da economia mascarasse o real impacto dos insumos de TICs e permitiu identificar e quantificar as contribuições de seu uso de para o crescimento do produto. O Gráfico 16 expõe a elevada volatilidade das contribuições acumuladas geradas por mudanças no uso de insumos tradicionais. Esses efeitos

variaram desde quedas severas, como a retração marginal de R\$ 52,52 bilhões do biênio 2016-2017, até saltos abruptos, como o aumento de R\$ 37,63 bilhões em 2019 (Gráfico 16).

Sob uma perspectiva interna dos efeitos tecnológicos do uso de TICs (*tech*-TIC), a distribuição setorial das contribuições totais não espelha, necessariamente, o *ranking* de absorção relativa de insumos de TIC (Gráficos 7, 8 e 9). Além disso, os setores que geraram os maiores efeitos *tech*-TIC não são, obrigatoriamente, os mesmos que apresentaram os maiores volumes acumulados de consumo intermediário (Tabelas 2 e 3), tampouco os que possuem os maiores coeficientes técnicos de TIC (Gráfico 6). Essa divergência aparente não representa uma inconsistência, mas ilustra precisamente o potencial analítico dos modelos de insumo-produto em relação às estatísticas descritivas. Enquanto a análise das mudanças de demanda reais acumuladas no período expõe especificamente os efeitos diretos de primeira rodada, *i.e.*, os choques iniciais que reverberam sob o sistema produtivo, a técnica de decomposição aplicada identifica e quantifica os efeitos sistêmicos totais dessas mudanças, o que engloba as infinitas rodadas de produção diretas e indiretas necessárias para sustentar as alterações tecnológicas do período analisado (2010-2021). Matematicamente, essa propagação ocorre por meio da matriz inversa de Leontief, que engloba todas as interações intra e interindustriais de uma economia (veja a seção 3.1).

As contribuições *tech*-TIC de um setor resultam da interação de dois vetores multiplicadores. O primeiro vetor é determinado pelos níveis médios de demanda final entre o período base e o final da decomposição. Ao guiar o valor bruto da produção (VBP) setorial, este vetor induz alterações nos coeficientes técnicos de insumos, como os de TIC, dinâmica que gera uma demanda endógena direcionada ao seu núcleo produtivo. Subsequentemente, isso propulsiona o segundo vetor de crescimento, que se manifesta quando os setores produtores de TIC mobilizam sua rede de fornecedores (encadeamentos para trás) para suprir as novas requisições. Destaca-se que, quanto maior a escala de produção de um setor (VBP), maior a escala de demanda intermediária por TICs advinda de alterações de coeficientes técnicos de produção.

A dinâmica dos encadeamentos do núcleo produtor de TIC no Brasil é caracterizada por uma elevada participação de consumo intrassetorial (Tabelas 2 e 3). Ademais, no período 2010-2021, houve um aumento elevado desse autoconsumo (veja a Tabela 9). Sob outra perspectiva, os efeitos indiretos dos multiplicadores de produção nos segmentos de manufatura e serviços

de TIC superam, em 2,6 a 4,6 vezes, os efeitos diretos (Tabela 1), de modo que as alterações de demanda final por TICs são potencializadas em sua cadeia produtiva.

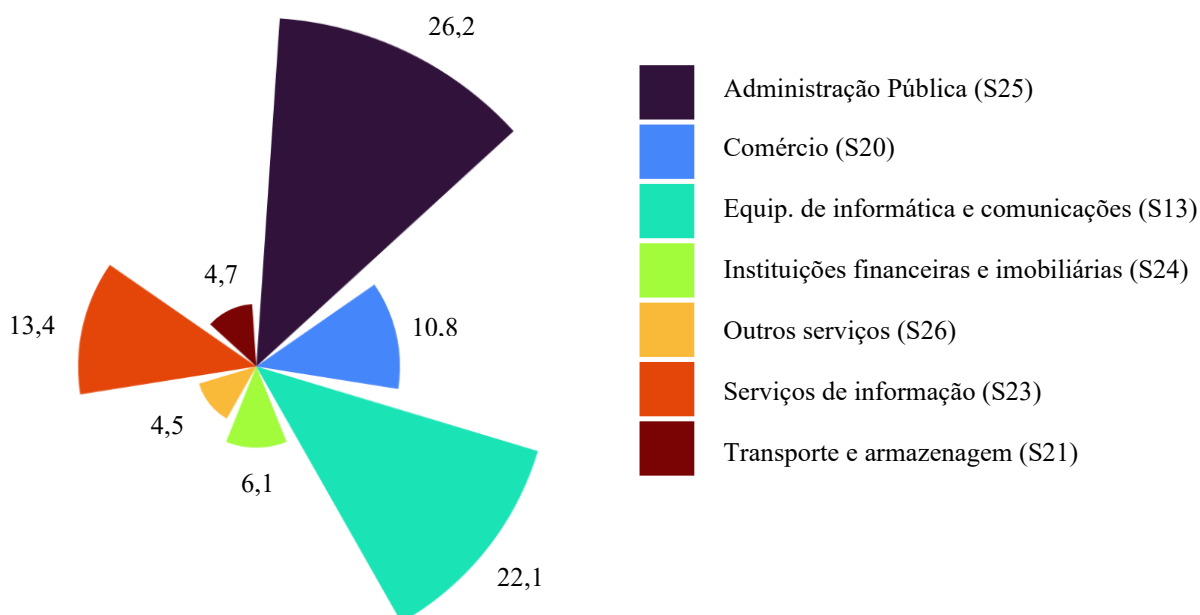
Adicionalmente, para compreender o mecanismo desses transbordamentos intersetoriais, convém destacar a natureza intrínseca das atividades produtoras de TIC pela ótica da oferta. Observou-se na MIP oficial de 2015 (IBGE, 2018) o setor de Componentes eletrônicos possui altos índices de ligação para frente (FLs, do inglês *forward linkages*), o que implica em uma estrutura de oferta intermediária mais dispersa do que a média nacional (Gráfico 3). Esse perfil reflete a posição do setor a montante, que fornece os insumos essenciais para os demais segmentos de manufatura TIC, ao passo que o restante dos subsetores direciona-se predominantemente à demanda final (Gráfico 8).

Reitera-se que a propagação das mudanças no modelo de decomposição ocorre via encadeamentos para trás, pois, matematicamente, a SDA proposta nesta dissertação fundamenta-se na matriz inversa de Leontief, um modelo guiado pela demanda. Consequentemente, as contribuições para o produto nacional decorrentes de mudanças de oferta das TICs não são capturadas. Desse modo, nesta pesquisa, os encadeamentos para frente das TICs atuam apenas no sentido de contextualizar a difusão setorial da oferta de seus insumos pelo sistema produtivo. Diante disso, as contribuições *tech*-TIC calculadas pela SDA não se limitam a efeitos diretos e isolados de quem adquiriu mais manufaturados ou serviços; elas representam o resultado de quanto essa intensidade mudou em cada setor e os efeitos subsequentes propagados na economia nacional. É a interação entre a rede de encadeamentos e a escala das mudanças de demanda que reordena a distribuição setorial das variações reais observadas na seção 4.1.

O Gráfico 17 sinaliza a origem setorial das maiores contribuições tecnológicas de TIC (*tech*-TIC) entre 2010 e 2021, as quais expandiram o produto nacional em aproximadamente R\$ 33,87 bilhões. O gráfico quantifica as contribuições totais de cada atividade que advieram de alterações em seus coeficientes TIC. Observa-se que essas contribuições permearam a economia de forma heterogênea: liderada pelo setor público intermediário, pelo próprio núcleo produtor de TIC e por serviços empresariais intensivos em conhecimento (Outros serviços). A maior parte do efeito *tech*-TIC (26,2%) adveio da Administração pública (S25), responsável por gerar R\$ 8,87 bilhões na produção nacional via mudanças tecnológicas de TIC entre o período 2010-2021 (Gráfico 17). Essa proeminência da Administração Pública (S25) decorre

de seus elevados coeficientes de TIC (Gráfico 6). Sob uma ótica de ganhos setoriais internos, a contribuição *tech*-TIC do setor S25 representou 18,5% de toda a variação real em seu VBP no mesmo período (Tabela 16 do Anexo).

GRÁFICO 17 – Maiores contribuições setoriais do efeito tecnologia TIC (2010-2021)
(part. %)



Fonte: Resultados da Pesquisa.

Nota: As contribuições totais das mudanças nos coeficientes técnicos de TIC domésticos representaram R\$ 33,87 bilhões, das quais 12,2% representam a soma dos demais setores.

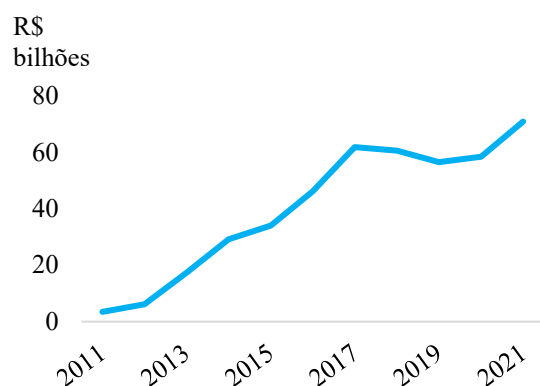
O setor de Informática e comunicações (S13) contribuiu com 22,1% dos efeitos *tech*-TIC totais, enquanto os Serviços de informação (S23) geraram pouco mais da metade (13,4%) ganhos promovidos pelo segmento de equipamentos de TIC (Gráfico 17). Essa liderança da manufatura de equipamentos frente aos serviços diverge da tendência geral de absorção, visto que a demanda por insumos de serviços (S23) registrou expansão 4,4 vezes superior no período 2010-2021 (veja a Tabela 8). Além disso, no mesmo período o crescimento do VBP do setor S23 foi de maior relevância (R\$ 135,26 bilhões) do que o da manufatura (R\$ 28,42 bilhões) (Tabela 10). As contribuições proeminentes do setor de Equipamentos de informática e comunicações (S13) decorrem do maior adensamento de insumos próprios no intervalo 2010-2021. Nesse período, o autoconsumo (doméstico) do setor S13 representou cerca 78,4% do crescimento de sua oferta intermediária (Tabela 9). Em contraste, o autoconsumo nos Serviços de informação limitou-se a uma proporção menor, de 42,2% (Tabela 9). Do ponto de vista da estrutura de

custos e da organização industrial, essa dependência técnica reflete uma endogeneidade intrínseca à cadeia de montagem de eletrônicos no Brasil (veja a Tabela 2 e o Gráfico 6). Em outras palavras, os manufaturados (S13) precisam de volumes substanciais de insumos como semicondutores, placas e componentes eletrônicos para a produção de seus bens intermediários e finais.

Sob uma ótica intrasetorial, os ganhos *tech*-TIC representaram 26,3% do crescimento do VBP da manufatura de equipamentos (S13) no período 2010-2021, ante apenas 3,4% na expansão dos Serviços de TIC (S23) (Tabela 16 do Anexo). Essa discrepância decorre da diferença de escala no desempenho acumulado de ambas as atividades, os serviços (S23) registraram um incremento substantivo de R\$ 135,26 bilhões em seu VBP total (Tabela 16 do Anexo). Por conseguinte, a contribuição *tech*-TIC diluiu-se frente a esse avanço volumoso. Em sentido oposto, o setor de equipamentos registrou uma expansão consideravelmente menor (R\$ 28,42 bilhões), fator que determinou a maior representatividade proporcional das contribuições em seu crescimento produtivo (Tabela 16 do Anexo).

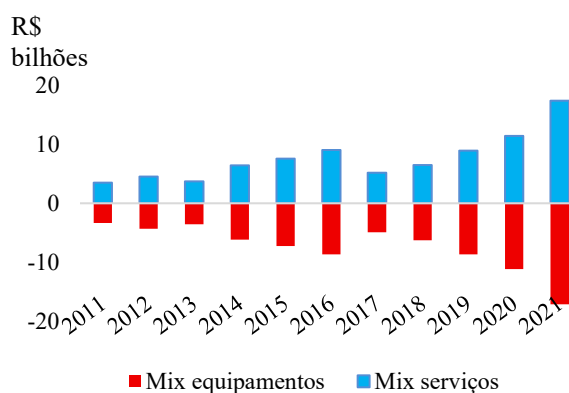
Por sua vez, a natureza da mudança técnica promovida pelos Serviços de informação (S23) atua como um elo de transição para a compreensão dos demais resultados setoriais do Gráfico 17. A estrutura de demanda intermediária por insumos S23 da economia é mais bem distribuída entre os setores (Tabela 9), por conseguinte, o impacto sistêmico do setor S23 na estrutura produtiva transcende sua contribuição isolada ao manifestar-se nas contribuições dos demais setores. O grupo pelos agregados de Outros serviços (S26), Instituições financeiras (S24), Comércio (S20) e Transporte e armazenagem (S21) respondeu por 26,1% de todas as contribuições *tech*-TIC (Gráfico 17), resultado que se deve a grande participação destes setores na estrutura de demanda por serviços de informação (S23), que oscilou em torno de 50% ao longo do período 2010-2021 (Tabela 3). Apenas os setores S26, S24 e S20 representaram 34,4% de todo o crescimento real no uso de insumos de serviços TIC no mesmo período (Tabela 9).

GRÁFICO 18 – Evolução acumulada das contribuições de intensidade TIC na FBCF (2011-2021)



Fonte: Resultados da pesquisa

GRÁFICO 19 – Evolução acumulada das contribuições de composição (mix) TIC na FBCF (2011-2021)



Fonte: Resultados da pesquisa

TABELA 14 – Contribuições acumuladas do uso de TICs na FBCF: intensidade e composição (mix) (2011-2021), em R\$ bilhões

Período	Intensidade TIC	Mix equipamentos (S13)	Mix serviços (S23)
2011	3,48	-3,35	3,51
2012	6,11	-4,31	4,53
2013	17,40	-3,54	3,73
2014	29,24	-6,14	6,46
2015	34,01	-7,24	7,58
2016	46,17	-8,68	9,02
2017	61,87	-4,95	5,18
2018	60,58	-6,27	6,51
2019	56,48	-8,67	8,93
2020	58,48	-11,18	11,43
2021	70,93	-17,16	17,42

Fonte: Resultados da pesquisa

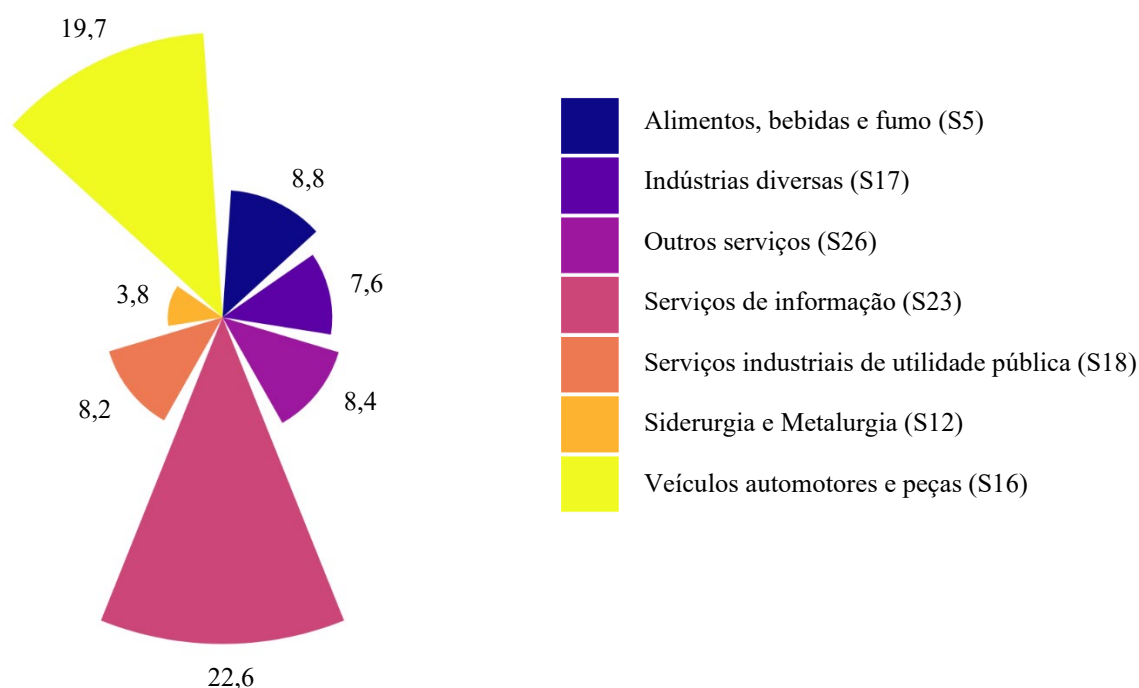
Em relação às contribuições da FBCF em TICs pelo sistema produtivo, observa-se que, exceto para 2018 e 2019, os efeitos totais desse aprofundamento para o produto brasileiro foram crescentes. As contribuições da intensificação dos bens e serviços de capital TIC na estrutura de formação de capital dos setores cresceram continuamente entre 2010-2017, trajetória que formou uma curva acentuada para as contribuições acumuladas entre esses anos (Gráfico 18). Já as menores contribuições relativas dos anos 2018 e 2019 refletem a retração real da FBCF nacional em equipamentos de TIC (S13) (Gráfico 12). Em 2018, esse componente obteve um incremento marginal modesto em relação aos anos anteriores, seguido por uma queda em 2019 (veja a Tabela 6). Em contrapartida, os investimentos em serviços (S23) registraram altas variações positivas no mesmo biênio (Tabela 7).

Como cada componente de variação da fórmula da decomposição (Equação 15) é ponderado pela estrutura de produção média entre o ano inicial (L^0) e final (L^1), a mensuração do efeito intensidade TIC na FBCF também incorpora a elevada endogeneidade da cadeia produtiva do setor S13; esse fator explica por que os aumentos expressivos (R\$ 10,07 bilhões) dos investimentos em serviços (S23) em 2018 e 2019 (Tabela 7) não foram suficientes para compensar o efeito total da retração da FBCF em equipamentos (S13) na produção nacional. Ao final da série (2020 e 2021), o efeito intensidade de TIC na FBCF retoma a trajetória de crescimento e acumula R\$70,93 bilhões em contribuições totais para economia (Gráfico 18).

O Gráfico 19 ilustra a evolução acumulada das contribuições do efeito composição (*mix*) da FBCF nacional. Nota-se uma trajetória simétrica e invertida, na qual a contribuição negativa do efeito *mix* em equipamentos é compensada pela contribuição positiva do *mix* em serviços. O crescimento da FBCF em serviços de TIC elevou a participação desses ativos na estrutura de investimentos setoriais e ampliou, de forma simultânea, a intensidade de TIC nessa composição. Por conseguinte, embora os Gráficos 18 e 19 retratem componentes distintos, a evolução do efeito *mix* em serviços assemelha-se à do efeito intensidade em TICs. Por sua vez, a parte inferior do Gráfico 19 evidencia o acúmulo de efeitos negativos gerados pela retração na demanda por capitais de Equipamentos de informática e comunicações no período 2010-2021 (Tabela 12), dinâmica que determinou a perda de participação desses ativos físicos na estrutura de investimentos das atividades.

O Gráfico 20 exhibe as maiores contribuições setoriais de mudanças na intensidade de TIC na FBCF nacional (2010-2021). Observa-se que essas contribuições se concentraram em 2 atividades distintas, em Serviços de informação (S23) e Veículos automotores e peças (S16). Esse resultado converge com o *ranking* de variações positivas da FBCF setorial em serviços de TIC (Tabela 11). A atividade de Serviços de TIC (S23) foi a que mais investiu em TICs durante o período 2010-2021 (Tabela 11); consequentemente, suas contribuições para o efeito intensidade foram as maiores (22,6%) (Gráfico 20). De forma análoga, a participação do setor de Veículos automotores (S16) situou-se em um nível próximo, com 19,7% (Gráfico 20).

GRÁFICO 20 – Maiores contribuições setoriais das alterações de intensidade em TIC na FBCF (2010-2021) (part. %)



Fonte: Resultados da Pesquisa.

Nota: As contribuições totais das mudanças na intensidade em TIC na FCBF representaram R\$ 70,93 bilhões, das quais 20,8% representam a soma dos demais setores.

Esse resultado decorre da integração produtiva do núcleo de TIC via investimentos. O setor de Serviços de informação (S23) apresenta elevada representatividade na absorção de capital de Equipamentos de informática e comunicações (S13), bem como em sua própria estrutura de insumos de FBCF (veja as Tabelas 2 e 3). Por conseguinte, ao direcionar aportes expressivos (R\$ 10,87 bilhões) à aquisição de capitais de serviços de TIC no período 2010-2021 (Tabela 11), o setor de Veículos automotores e peças mobilizou, indiretamente, a cadeia de fornecedores de equipamentos (S13), o que potencializou sua contribuição total.

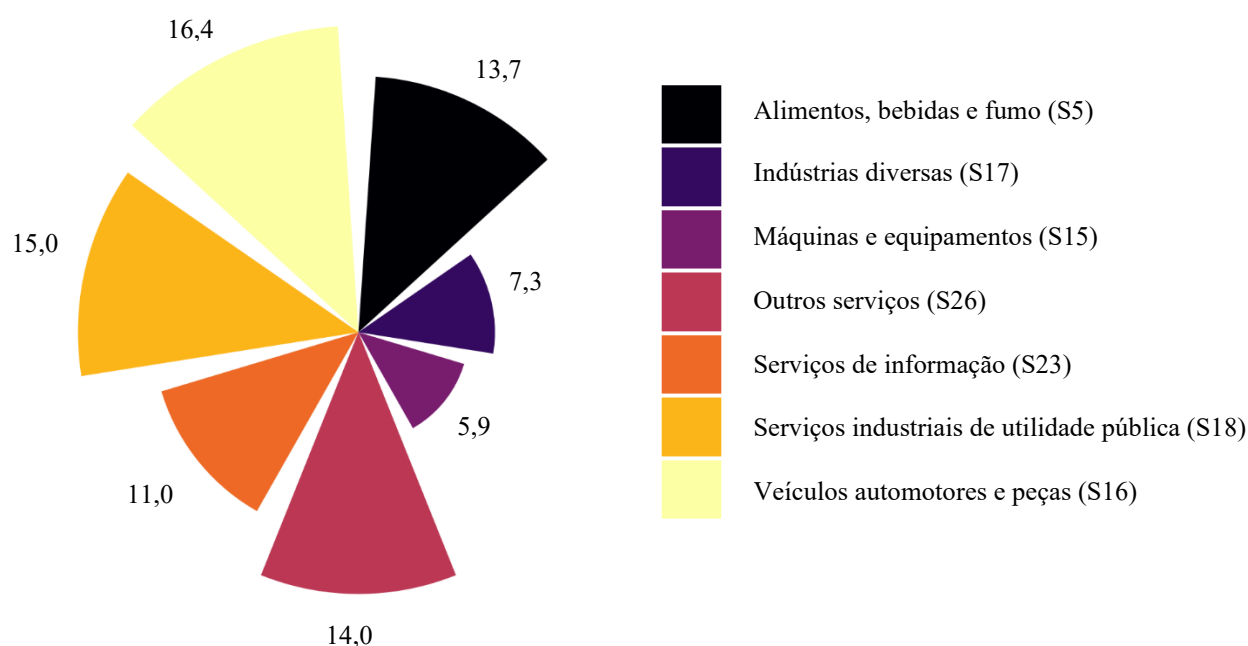
Somadas, as participações das atividades de Serviços de informação e de Veículos automotores e peças detiveram 42,3% de contribuições do aumento da intensidade de TIC na FBCF nacional (Gráfico 20). Em contraste, o agregado das cinco posições subsequentes no *ranking* representou 36,8% do total. Os setores de Alimentos, bebidas e fumo (S5), Outros serviços (S26), SIUP (S18) e Indústrias diversas (S17) promoveram ganhos similares, situados no intervalo de 7,6% a 8,8% (Gráfico 20). Entre 2010-2021 os setores S5, S17 e S18 evidenciaram um aprofundamento contínuo em ativos (FBCF) de serviços de informação (Tabela 5). Destaca-se que a indústria de Alimentos (S5) expandiu, simultaneamente, sua participação no uso de bens

de capital do tipo equipamentos (S13) (veja a Tabela 4). Em paralelo, o setor de Outros serviços (S26) permaneceu como o maior demandante de equipamentos de TIC da economia nacional (Tabela 4).

Destacam-se os ganhos registrados pelos serviços industriais de utilidade pública (SIUP), cuja participação na absorção de ativos intangíveis de TIC (S23) elevou-se de 0% em 2010 para 2,9% em 2021 (Tabela 5). Esse avanço, somado à resiliência da demanda por bens de capital físicos (S13), fundamenta sua contribuição de 8,2% para o efeito intensidade na FBCF (Gráfico 20). Em paralelo, os aumentos reais na demanda por serviços de informação pelas Indústrias diversas (S17), as posicionaram como a quinta atividade mais intensiva em capital de TIC no país (Gráfico 10). Como resultado, respondeu por outros 8,2% dos efeitos totais (Gráfico 20). Por fim, cabe mencionar a indústria tradicional de Siderurgia e metalurgia (S12), responsável por 3,8% dos efeitos (Gráfico 20) e situado como sexto mais intensivo em FBCF de TIC (Gráfico 10).

O Gráfico 21 exhibe os efeitos setoriais promovidos por alterações na composição (*mix*) de serviços na FBCF. O valor total atingiu R\$ 17,42 bilhões, montante capaz de mais do que compensar as variações do *mix* de equipamentos TIC, que acumularam um saldo negativo de R\$ 17,16 bilhões (Tabela 14). Embora o saldo final de R\$ 260 milhões destes efeitos seja positivo e acompanhe o acumulado expressivo de R\$ 60,29 bilhões nos investimentos em Serviços TIC (2010-2021), ele foi modesto em comparação ao crescimento da FBCF em equipamentos (R\$ 5,76 bilhões) (Tabela 11). Mas, deste total, o setor de serviços (S23) absorveu a maior fatia (19%) (Tabela 11), o que demonstra que crescimento dos serviços exigiu maiores aportes em equipamentos na forma de ativos de capital fixo. Consequentemente, o movimento de servicização dos setores nacionais gerou uma demanda indireta por infraestrutura física de TIC (S13), visto que os provedores de serviços dependem desses bens para operar. Essa força indireta amorteceu as repercussões negativas da diminuição generalizada no uso de capitais de equipamentos, o que justifica as contribuições modestas do efeito *mix* dos capitais de serviços frente as quedas das contribuições do *mix* de equipamentos. Se os serviços de TIC não dependessem de equipamentos, esse resultado poderia ser maior.

GRÁFICO 21 – Maiores efeitos setoriais das alterações na composição (*mix*) de serviços na FBCF (2010-2021) (part. %)



Fonte: Resultados da Pesquisa.

Nota: As contribuições totais das alterações no *mix* de serviços de TIC na FCBF representaram R\$ 17,42 bilhões, das quais 16,6% representam a soma dos demais setores.

Nota-se que as contribuições setoriais do *mix* de serviços TIC na FBCF foram mais homogêneas do que os efeitos intensidade (Gráfico 20) e *tech*-TIC (Gráfico 17). O setor de Veículos automotores e peças (S16) obteve a cota de 16,4% (Gráfico 21), explicada pelo aumento contínuo em sua demanda por intangíveis TIC (2010-2021), superado apenas pelo próprio setor de Serviços de informação em 2021 (Tabela 5). Por outro lado, os serviços industriais SIUP (S18) registraram a fatia de 15% dos ganhos (Gráfico 21). Essas atividades, previamente mencionadas entre os efeitos de intensidade, investiram um acumulado de R\$ 2,80 bilhões de reais em serviços de TIC (2010-2021) (Tabela 11). Já os Outros serviços (S26) obtiveram a proporção de 14% nas contribuições do *mix* de serviços (Gráfico 21). Esse resultado evidencia a transição na estrutura de capital dessas atividades (S26), que foram responsáveis por 15,19% das retrações acumuladas nos aportes para capitais de Equipamentos de informática e comunicações (S13) do período 2010-2021 (Tabela 12). Consequentemente, isso alterou a proporção interna de equipamentos TIC do vetor de investimentos do setor S26 e

ampliou a participação relativa dos serviços de informação (S23) em seu orçamento para capitais de TICs⁵⁵.

Por sua vez, a indústria de Alimentos, bebidas e fumo (S5) respondeu por 13,7% (R\$ 2,38 bilhões) do efeito *mix* de serviços (S23) na produção da economia. A decomposição estrutural capturou um avanço de R\$ 5,07 bilhões nos investimentos em intangíveis de TIC por parte dessa indústria (Tabela 11). No entanto, simultaneamente, o setor acumulou uma demanda positiva por capitais de Equipamentos de informática e comunicações (S13) (Tabela 11). Destarte, a parcela dos serviços de TIC na estrutura de capital do setor de Alimentos bebidas e fumo foi contida por esse movimento simultâneo. Por isso suas contribuições no efeito *mix* foram menores do que a mudança real na incorporação de serviços de informação.

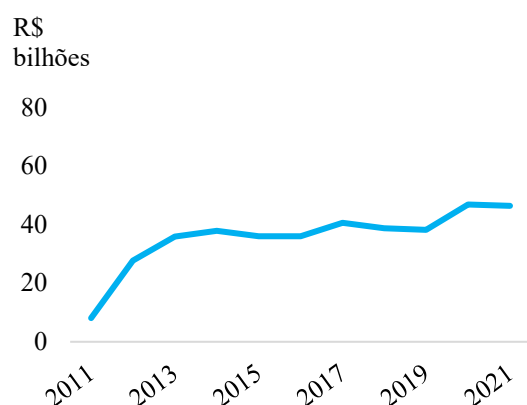
Os próprios serviços de TIC (S23) participaram com 11,0% dos efeitos totais, nível inferior aos setores S16, S18, S26 e S5 (Gráfico 21). Como já explorado, a dependência infraestrutural do setor S23 por Equipamentos de informática e comunicações (Tabela 11) contém o aumento da participação relativa de seus próprios serviços de capital. Devido a isso o seu crescimento no período 2010-2021 implicou em contribuições *mix* em serviços TIC menores do que os setores de S18, S26 e S16. Em outras palavras, os setores que obtiveram maiores contribuições para o efeito *mix* em serviços apresentaram mudanças de composição reais mais acentuadas do que os serviços de TIC.

Já as atividades de Indústrias diversas (S17) obtiveram uma proporção de 7,3% no montante do efeito composição de serviços (Gráfico 21). Embora essas atividades não estejam entre as mais intensivas em capital de TIC da economia (Gráfico 10), elas demonstraram aumentos acumulados de R\$ 4,6 bilhões no uso de capitais intangíveis de TIC entre 2010 e 2021 (Tabela 11). Por fim, o setor de Máquinas e equipamentos (S15) registrou a cota de 5,9% do efeito *mix* de serviços na produção do país (Gráfico 21). A estrutura de formação de capital em TICs desse setor é a terceira mais intensiva do país, com uma proporção elevada (35,2%) de todos os seus investimentos direcionada para a aquisição de Serviços de informação (Gráfico 10). Embora o setor S15 não apareça entre as maiores mudanças da FBCF nacional em TIC (Tabelas 11 e 12),

⁵⁵ Ainda assim, essas atividades se mantiveram como os principais investidores em equipamentos de TIC entre 2010 e 2021 (Tabela 4).

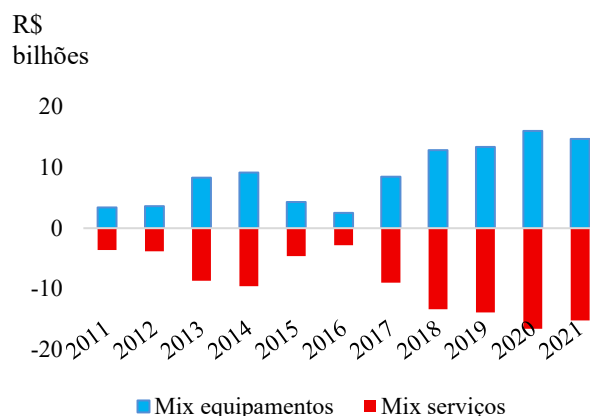
sua elevada intensidade em capitais de serviços de TIC (Gráfico 10) gerou efeitos *mix* TIC que se destacam entre os mais expressivos da economia (Gráfico 21).

GRÁFICO 22 – Evolução acumulada das contribuições de intensidade TIC no consumo privado (2011-2021)



Fonte: Resultados da Pesquisa

GRÁFICO 23 – Evolução acumulada das contribuições de composição (*mix*) TIC no consumo privado (2011-2021)



Fonte: Resultados da Pesquisa

TABELA 15 – Contribuições acumuladas do uso de TICs no consumo privado: intensidade e composição (*mix*) (2011-2021), em R\$ bilhões

Anos	Intensidade TIC	Mix equipamentos (S13)	Mix serviços (S23)
2011	8,10	3,42	-3,59
2012	27,70	3,64	-3,82
2013	35,96	8,31	-8,68
2014	37,96	9,16	-9,57
2015	36,01	4,30	-4,61
2016	36,04	2,51	-2,81
2017	40,66	8,50	-8,98
2018	38,83	12,87	-13,37
2019	38,19	13,41	-13,92
2020	46,91	16,06	-16,56
2021	46,50	14,70	-15,19

Fonte: Resultados da pesquisa

Os Gráficos 22 e 23 mostram os resultados para as contribuições acumuladas do efeito intensidade de TIC e *mix* promovidos pelo consumo privado, enquanto a Tabela 14 demonstra os valores acumulados. Para as contribuições de intensidade (Gráfico 22) observa-se que foram menos acentuadas do que as do Gráfico 18 (FBCF). A expansão atípica ocorrida em 2012 (Tabela 15) reflete, de forma direta, o aumento na demanda privada por Serviços de informação observado no mesmo ano (Tabela 8). Nos anos seguintes a curva desses ganhos tomou uma

trajetória mais linearizada (Gráfico 22). O leve recuo das contribuições em 2015, durante os anos de recessão (2014-2016) (Tabela 15), se deve a queda marginal da demanda privada por equipamentos e serviços de TIC (Tabelas 6 e 7). Para os demais anos a curva das contribuições de intensidade mostrou pequenas oscilações e finalizou a série em R\$ 46 bilhões (Gráfico 22 e Tabela 15).

Já o resultado das alterações na composição (*mix*) interna da cesta de TICs pelas famílias foi oposto à FBCF, *i.e.*, gerou um efeito *mix* negativo para serviços e um efeito *mix* positivo para equipamentos (Gráfico 23), dinâmica corroborada pela evolução da demanda privada no consumo de Equipamentos de informática e comunicações (S13) (a principal da economia no acumulado dos anos de 2010 a 2021) (Tabela 6); e pelo crescimento menos intensivo no uso de serviços TIC (S23), em relação aos outros componentes de demanda (Tabela 7). As contribuições negativas das alterações no *mix* de serviços pelas famílias refletem o fato de que o crescimento desse consumo (2010-2021) foi proporcionalmente menor do que os outros vetores para o uso de serviços.

Ao comparar o total das contribuições específicas do uso de TIC (S13 e S23) pela FBCF e o consumo privado, observa-se que os investimentos geraram contribuições superiores à das famílias em R\$ 25,18 bilhões (compare as Tabelas 16 e 17). Este valor foi maior do que a diferença entre as variações reais desses vetores (R\$ 19,40 bilhões) (compare as Tabelas 6 e 7). Esse resultado indica que, entre 2010 e 2021, os efeitos das mudanças atreladas ao uso de TICs na estrutura de investimentos da economia brasileira promoveram maiores ganhos sistêmicos para a produção nacional do que as mudanças no consumo das famílias. Esse resultado deve-se à maior intensificação no uso de Serviços de informação apresentada pelo vetor de FBCF nos anos analisados (veja o Gráfico 8).

Em última análise, o Quadro 9 sintetiza as principais contribuições setoriais identificadas pela pesquisa. A análise descritiva da base de dados e os resultados gerados pela técnica de decomposição estrutural demonstraram que o uso de TICs pela estrutura produtiva não ocorreu de maneira uniforme, mas manifestou-se em velocidades e canais distintos, a depender da atividade econômica. Ao relacionar os padrões de demanda direta com as contribuições capturadas pelo modelo, o Quadro 9 sintetiza esse comportamento em quatro grandes perfis de adoção de TICs. O primeiro perfil caracteriza o Núcleo produtor de TIC (S13 e S23), *i.e.*, a base técnica que promove a digitalização. Ambas as atividades registraram altos efeitos tecnológicos

sistêmicos, no entanto, o comportamento da manufatura de equipamentos (S13) mostrou uma dinâmica particular, o setor obteve uma expansão de produção correspondente a apenas 21% do crescimento absoluto dos serviços (S23) (Tabela 8), mas impulsionou a produção brasileira com transbordamentos estruturais de maior magnitude via efeitos tecnologia (Gráfico 17).

QUADRO 9 – Principais evidências estruturais das mudanças no uso nacional de TIC pelo sistema produtivo brasileiro (2010-2021)

Perfil de adoção de TICs	Setores	Padrão de demanda (2010-2021)	Principais contribuições sistêmicas
1. Núcleo produtor	Equipamentos de informática e comunicações (S13); Serviços de informação (S23)	Alta dependência intrasetorial. Enquanto o S23 cresceu (principalmente) via mudanças na FBCF nacional, o consumo das famílias sustentou o crescimento do S13	Responderam por mais de 35% das contribuições tecnológicas de TIC para o produto nacional
2. Serviços intensivos em TIC	Administração Pública (S25); Outros serviços (S26); Instituições financeiras e imobiliárias (S24); Comércio (S20); Transporte e armazenagem (S21)	Maiores demandantes (não TIC) de insumos TIC. Alta absorção de Serviços de informação (S23) como despesa corrente	Concentração de transbordamentos: S25 gerou a maior contribuição tecnológica em TIC (26,2%)
3. Manufatura em Transição	Veículos automotores e peças (S16)	Retração generalizada no uso de insumos intermediários de TIC	Destaque na FBCF: liderança no efeito <i>mix</i> de serviços (16,4%)
4. Modernização da Base Produtiva	Agropecuária (S1); Alimentos, bebidas e fumo (S5); Siderurgia e Metalurgia (S12); Máquinas e equipamentos (S15); SIUP (S18); Indústrias diversas (S17)	Aprofundamento em ativos de capital fixo de TICs	Contribuições positivas e relevantes através de mudanças na intensidade de TIC e <i>mix</i> de Serviços de informação na FBCF

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados e resultados da pesquisa.

O segundo perfil é caracterizado pelos setores terciários intensivos em TICs, como a Administração Pública (S25), Outros serviços (S26), Instituições financeiras e imobiliárias (S24), Comércio (S20) e Transporte e armazenagem (S21) (veja as Tabelas 2, 3 e o Gráfico 6). Entre essas atividades, o adensamento em TICs ocorreu via consumo intermediário e investimentos, mas suas contribuições foram mais relevantes através de mudanças tecnológicas. O setor terciário público (S25) destacou-se ao registrar a maior contribuição tecnológica de TIC

de toda a economia (26,2%). Já o setor S21, apesar de não exibir um coeficiente técnico de TIC elevado (Gráfico 6), esteve entre os maiores setores que absorveram serviços intermediários de informação (S23) do período 2010-2021 (Tabela 3), o que justifica sua participação de 4,7% no efeito tecnologia TIC (Gráfico 17).

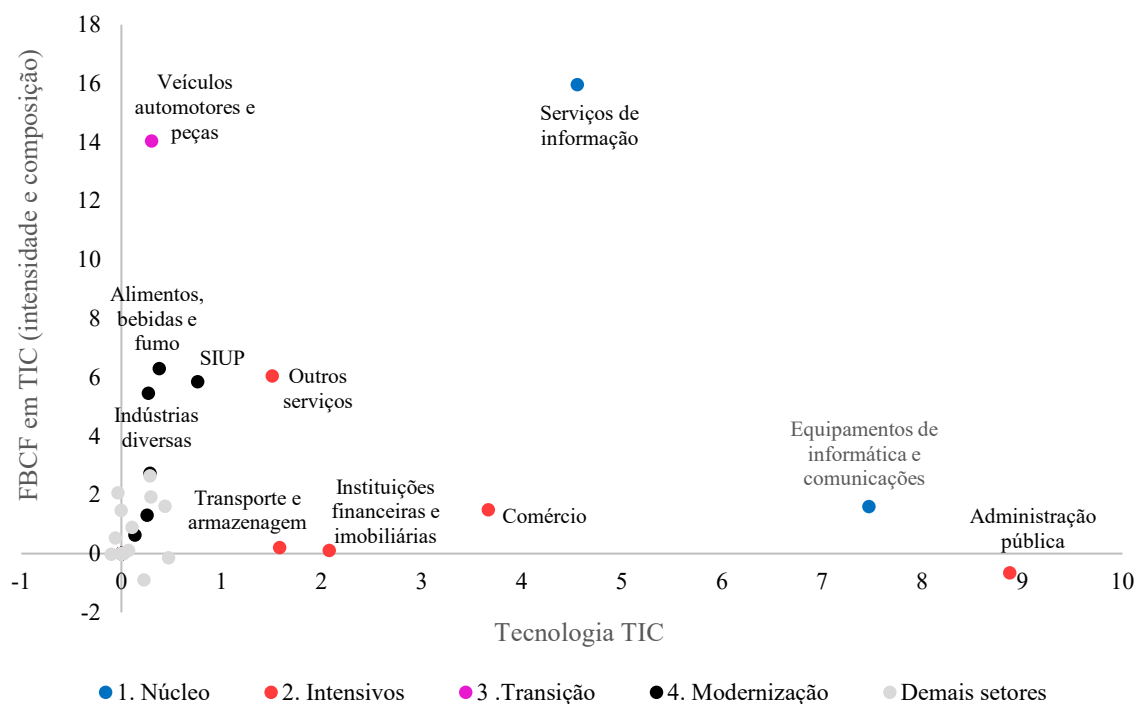
Sob outra ótica, as atividades do terceiro e quarto perfil intensificaram seus investimentos em capital fixo (FBCF) de TICs. O setor S16, embora tenha registrado as maiores reduções no consumo intermediário de TICs entre 2010 e 2021, tanto em equipamentos quanto em serviços (Tabela 10), destacou-se como o segmento não TIC que mais concentrou investimentos (FBCF) em Serviços de Informação no mesmo período (Tabela 11). Esse contraste entre a retração no uso de insumos e a alta capitalização em serviços caracteriza o terceiro perfil, definido como Manufatura em transição. Já as atividades do quarto perfil, que expandiram a formação de capital em TICs ou já se consolidavam como intensivas nesses ativos fixos, são agrupadas no grupo de Modernização da base produtiva, representadas por setores tradicionais (S1, S5 e S12), e não-tradicionais (S15, S17, S18) (veja as Tabelas 4, 5 e 11 e o Gráfico 10).

Convém ressaltar novamente que a geração dos efeitos sistêmicos não decorre exclusivamente das variações reais diretas no uso de tecnologias. O modelo de decomposição íntegra, de maneira simultânea, a intensidade tecnológica, o volume de produção (VBP) setorial acumulado entre 2010 e 2021 e o poder de dispersão das atividades (Equação 15). Essa dinâmica é o que justifica a ausência de uma correspondência exata entre os indicadores de mudanças reais diretas e as contribuições finais identificadas pela técnica de insumo-produto. Dessa forma, setores com grandes variações de demanda ou alta intensidade direta não aparecem, necessariamente, entre os maiores impactos estruturais, pois o método quantifica o efeito sistêmico total sobre a produção nacional.

O Gráfico 24 mostra as contribuições setoriais tecnológicas e de FBCF relacionadas às mudanças no uso de TIC. Nota-se que o grupo dos demais setores se concentram próximos à origem do gráfico, enquanto as observações discrepantes correspondem aos 4 perfis do Quadro 9. No Núcleo TIC (1) os Serviços de informação (S23) promoveram altos ganhos para o crescimento do VBP nacional nas duas frentes de mudanças de uso de TIC, *i.e.*, decorrentes de alterações tecnológicas e da acumulação de capital produtivo (FBCF). Já os ganhos de TIC promovidos pelo setor de Equipamentos de informática e comunicações (S13) foram maiores para as alterações tecnológicas. Por sua vez, o crescimento dos investimentos em TIC pelo setor

S13 promoveram ganhos modestos para o VBP nacional em relação ao S23, conforme já explorado.

GRÁFICO 24 – Contribuições setoriais tecnológicas e de FBCF decorrentes do uso de TICs (2010-2021), em bilhões



Fonte: Elaboração própria com base nos resultados da pesquisa.

Os outros perfis de uso de TIC apresentam um padrão bem delimitado: os Serviços intensivos (2) geram maiores contribuições tecnológicas e posicionam-se próximos ao eixo das abscissas (eixo horizontal), com exceção das atividades de Outros serviços (S26), que geraram grandes efeitos positivos em ambos os componentes da decomposição. Por outro lado, os perfis de Manufatura em transição (3) e de Modernização da base produtiva (4) registraram maiores contribuições via alterações na FBCF, de modo que seus pontos ficaram próximos ao eixo das ordenadas (eixo vertical). Embora a Siderurgia e metalurgia (S12) e fabricação de Máquinas e equipamentos (S15) se concentrem junto aos demais setores (Gráfico 24), essas atividades se apresentaram entre as maiores contribuições das mudanças na intensidade (Gráfico 20) e do *mix* de serviços (Gráfico 21), respectivamente.

As contribuições mensuradas nesta seção refletem estritamente a absorção de insumos domésticos. Para proporcionar um panorama completo das mudanças e confirmar se esse

adensamento nacional ocorreu em detrimento das importações, os efeitos vazados para o exterior são quantificados e identificados na próxima seção.

4.3 Decomposição das importações

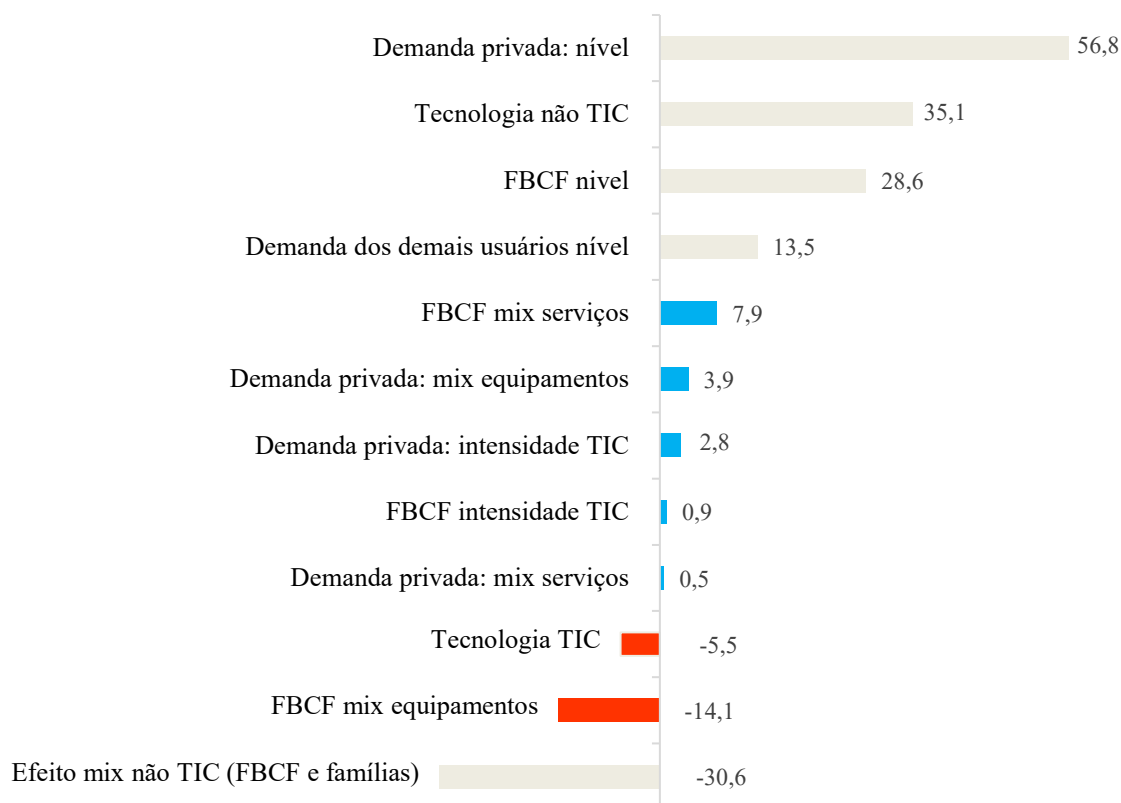
Por fim, após a análise dos ganhos para o VBP nacional, a decomposição das importações evidencia os efeitos tecnológicos e de demanda que “vazam” para economias estrangeiras. Essa decomposição é realizada à parte, dado que os efeitos adjacentes do uso de insumos importados não reverberam na estrutura produtiva local. No entanto, essa análise é de interesse por proporcionar um panorama mais completo das mudanças tecnológicas e de demanda. Ao calcular a decomposição das importações segundo a mesma estrutura da decomposição do VBP nacional, observa-se que o desvio de comércio intermediário favoreceu o uso de insumos TIC nacionais. Em outras palavras, as alterações dos coeficientes técnicos de TIC totais (nacionais e importados) demonstraram um movimento de substituição de importações em prol da indústria nacional.

O Gráfico 25 detalha a decomposição estrutural do crescimento total das importações no período 2010-2021, que atingiu o montante de R\$ 62,50 bilhões. Sob a ótica macroeconômica, o ganho de escala da demanda privada foi o componente de maior contribuição para essa expansão, responsável por 56,8% do crescimento acumulado total, seguido pelo nível da formação bruta de capital fixo (FBCF), com 28,6%. Quanto a mudanças específicas na composição (*mix*) da demanda por TICs, as importações foram estimuladas pelo aumento na proporção de serviços importados na FBCF (+7,9%) e pelo *mix* de equipamentos na demanda das famílias (+3,9%) (Gráfico 25).

Tais movimentos assemelham-se, em direção, às contribuições observadas para o VBP nacional (Gráfico 14), com exceção das alterações no *mix* de serviços pela demanda privada, que também geraram um estímulo positivo (+0,5%) para as importações (Gráfico 25). Desse modo, constata-se que, apesar dos efeitos positivos da demanda final de TICs para o crescimento da produção nacional, parte dessas mudanças estruturais gerou efeitos de vazamento (*leakage*) para economias estrangeiras, dinâmica impulsionada pelo aumento da demanda final direta por equipamentos e serviços importados. Em contrapartida, o crescimento das importações foi contido de forma significativa pela redução do uso de equipamentos TIC na composição da

FBCF nacional (efeito *mix* de -14,1%) e pela própria mudança tecnológica de TIC, que apresentou uma contribuição negativa de 5,5% (Gráfico 25).

GRÁFICO 25 – Decomposição estrutural das variações das importações brasileiras: contribuições relativas (2010-2021) (part. %)

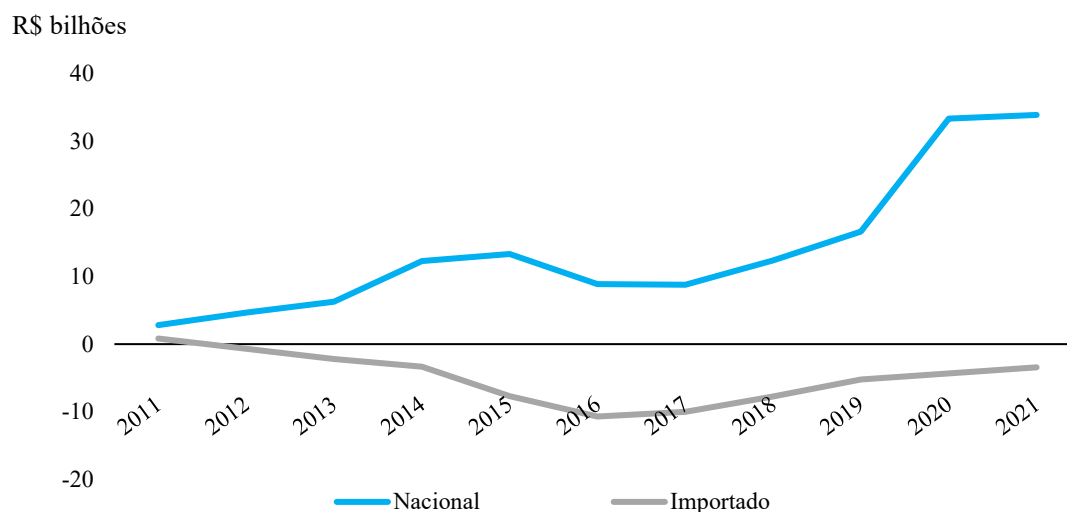


Fonte: Resultados da pesquisa.

Nota: A variação real total das importações (100%), que corresponde ao denominador das participações, totalizou R\$ 62,50 bilhões no período 2010-2021, conforme a soma acumulada das variações anuais com ajuste de base móvel (diferença entre a MIP do ano corrente a preços do ano anterior e a MIP do ano anterior a preços correntes).

O resultado negativo no efeito *tech*-TIC importado demonstra que a mudança na estrutura tecnológica dos setores não aumentou a dependência de insumos intermediários estrangeiros, mas sim a reduziu. Os efeitos desse processo de substituição de importações, derivado das alterações de coeficientes técnicos nacionais e importados, mostram que, exceto para os anos 2016-2017, a contribuição tecnológica para a produção nacional cresceu de forma consistente ao longo da década, enquanto a contribuição *tech*-TIC para as importações registrou retrações contínuas até 2016 e se manteve em níveis negativos até o final da série (Gráfico 26).

**GRÁFICO 26 – Evolução acumulada das contribuições tecnológicas de TIC
(2011-2021)**



Fonte: Resultados da pesquisa.

Portanto, em termos de variação dos coeficientes técnicos totais (nacionais e importados), o sistema produtivo brasileiro aumentou sua exigência por TICs em sua receita de produção e promoveu uma substituição favorável à indústria doméstica. Esse resultado sinaliza a eficácia das políticas de fomento à indústria nacional (*e.g.*, Lei de Informática (Brasil, 1991; 2004) e o Padis (Brasil, 2007) no estímulo à cadeia de fornecedores locais e na mitigação da evasão de efeitos tecnológicos para o exterior ao longo do período 2010-2021. O próximo capítulo encerra o trabalho com a apresentação das considerações finais.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo central desta dissertação consistiu em analisar a evolução das variações na produção brasileira promovidas pela demanda por bens e serviços de Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) entre 2010 e 2021. A aplicação da técnica de decomposição estrutural evidenciou que a propagação sistêmica da incorporação de TICs na economia nacional não ocorreu de maneira homogênea, mas manifestou-se através de trajetórias assimétricas de absorção. Enquanto algumas atividades intensificaram o uso dessas tecnologias em suas rotinas operacionais, outras priorizaram o aprofundamento em ativos na forma de capital fixo. Entre 2010 e 2021, os efeitos sistêmicos totais⁵⁶ proporcionados pelas mudanças no uso de TICs em todos os vetores de demanda da economia foram responsáveis por 21,5% (R\$ 151,05 bilhões) do crescimento do valor bruto de produção (VBP) nacional (Gráfico 14). Em síntese, o montante da contribuição acumulada decorreu do aumento da demanda total nacional por TICs, que alteraram qualitativamente a matriz de produção e de absorção de investimentos ao longo dos anos.

As evidências quantificadas por esta pesquisa demonstraram como os vínculos de produção entre as atividades econômicas e os setores de TIC elevaram o produto nacional. Reconhece-se que o arcabouço das políticas públicas brasileiras atua de forma direta na estruturação dessa rede de fornecimento por meio de estímulo estatal direcionado a investimentos em ativos de capital fixo físicos e intangíveis de TIC. As atualizações da Lei de informática/TICs (Brasil, 2019b) e do Padis (Brasil, 2021a), por exemplo, condicionam créditos financeiros ao investimento em pesquisa, desenvolvimento e inovação (PD&I) e ao cumprimento obrigatório de etapas fabris locais, definidas pelo Processo Produtivo Básico (PPB). Esse instrumento normativo condiciona a concessão de incentivos ao uso obrigatório de componentes eletrônicos fabricados no país, com o propósito de fortalecer a base de fornecedores de equipamentos de TIC domésticos.

Por sua vez, o Programa Brasil Semicondutores autoriza instituições de fomento, como o BNDES e a Finep, a estruturarem linhas de crédito direto para a modernização da infraestrutura produtiva, a aquisição de máquinas e o licenciamento, desenvolvimento e customização de *softwares* (Brasil, 2024b). Essa estrutura normativa induz o crescimento da economia doméstica

⁵⁶ Soma das contribuições positivas e negativas.

e atua na mitigação da dependência externa de equipamentos, visto que em 2018 a parcela importada atendeu a cerca de 27% da oferta total desses produtos no Brasil (veja o Gráfico 4).

Já as estratégias da política Nova Indústria Brasil (NIB) propõem a transformação digital de 50% das empresas industriais brasileiras até o ano de 2033. Nesse escopo, os instrumentos de crédito operados pelo BNDES e pela Finep financiam a absorção de tecnologias da Indústria 4.0, como serviços em nuvem, inteligência artificial (IA) e robótica (Brasil, 2025b). Essa estrutura de fomento pode estimular as atividades que compõem os perfis de Modernização da Base Produtiva, a exemplo de Máquinas e equipamentos (S15), e de Manufatura em transição, como Veículos automotores (S16). Esses setores promovem altos ganhos sistêmicos originados pelo aumento da intensidade dos investimentos em TICs e pela maior absorção de Serviços de informação em sua formação bruta de capital fixo (FBCF).

Em outra frente, o Fundo de Universalização dos Serviços de Telecomunicações (Fust), que direciona recursos para a expansão da infraestrutura de banda larga em áreas remotas e escolas públicas (Brasil, 2020), estimula indiretamente um aumento no uso privado de equipamentos eletrônicos. Outras políticas também atuam no provimento de acesso tecnológico e podem tracionar a demanda privada por TICs (*e.g.*, o Plano Estrutural de Redes de Telecomunicações (PERT), da Anatel; 2023a). Esse plano orienta a ampliação da cobertura de *internet* móvel e de redes de transporte de alta capacidade para municípios sem infraestrutura de fibra óptica, distritos não-sede e áreas rurais. Em paralelo, os compromissos de abrangência do Leilão do 5G previstos no PERT impõem o atendimento de rodovias e localidades sem conectividade (Anatel, 2023a).

Ademais, a decomposição estrutural destacou a Administração Pública (S25) com a maior contribuição tecnológica TIC isolada (26,2%) (Gráfico 17). Essa magnitude não consiste em um mero reflexo do peso do setor no VBP nacional ponderado por coeficientes médios; ela pode refletir a efetiva digitalização dos serviços públicos nos anos analisados (*e.g.*, a expansão da plataforma *Gov.br*). A análise dos ganhos setoriais internos (Tabela 16 do Anexo) atesta que a contribuição tecnológica TIC isolada gerou R\$ 8,87 bilhões para os setores terciários públicos, montante que representou 18,5% de todo o crescimento real no VBP do próprio setor (2010-2021) (Tabela 16 do Anexo). Essa evidência confirma a profundidade e a relevância da transição para a prestação de serviços digitais governamentais para o crescimento do setor S25.

Os efeitos desse adensamento tecnológico dos serviços públicos podem se fortalecer em diretrizes como a Estratégia de Governança Digital (EGD) de 2020, que orienta a migração de dados para a nuvem, a integração de sistemas via plataformas unificadas e a centralização de compras de tecnologias digitais (Brasil, 2020). Dessa forma, os serviços intermediários do governo, previamente consolidados como demandantes expressivos de Serviços de informação (S23) no período 2010-2021, apresentam potencial para a perpetuação das contribuições inerentes à expansão do uso de TICs.

As evidências desagregadas sistematicamente por esta pesquisa oferecem subsídios quantitativos para os formuladores de políticas públicas e gestores de fundos setoriais ao constatar, por exemplo, que a cadeia produtora de equipamentos de TIC (S13) - a despeito de registrar um crescimento real no VBP 78,9% menor do que os setores de Serviços de informação (veja a Tabela 8) -, promoveu uma maior contribuição tecnológica TIC (Gráfico 17). Esse achado pode ajudar no dimensionamento de exigências de conteúdo local já vigentes no arcabouço político brasileiro (*e.g.*, o processo produtivo básico estipulado pela Lei de informática/TICs). Cabe destacar que os efeitos promovidos pelo núcleo produtor de TIC se retroalimentam em virtude de sua forte endogeneidade estrutural. A expansão direta dos Serviços de informação (S23) traciona, simultaneamente, uma demanda indireta por Equipamentos de informática e comunicações (S13). Essa retroalimentação se materializa tanto via consumo intermediário (Tabela 2), quanto, de forma expressiva, pela formação bruta de capital fixo (Tabela 4). Consequentemente, o crescimento sustentado do setor de serviços atua como um estímulo intrínseco para o avanço da cadeia nacional de equipamentos.

Além disso, os resultados podem orientar o direcionamento de recursos operados por instituições financeiras à fabricação nacional de equipamentos TIC. Embora o ano de 2018 tenha apresentado uma alta penetração de equipamentos importados na estrutura produtiva (cerca de 27% da oferta total) (Gráfico 4), a decomposição das importações constatou que o desvio de comércio no consumo intermediário ocorreu em favor dos insumos de TIC nacionais (Gráfico 25). Entre 2010 e 2021 o vazamento para economias estrangeiras limitou-se à demanda final (cerca de R\$ 10,8 bilhões), impulsionado por alterações na composição e na intensidade dos vetores de investimentos e de consumo privado (veja o Gráfico 25). No entanto, para o mesmo período, este montante equivaleu a apenas 6,7% de todas as contribuições positivas geradas pelas mudanças na demanda final por TICs nacionais, que agregaram aproximadamente R\$ 149,54 bilhões à produção brasileira (Gráfico 14). Diante disso, as evidências identificadas

nesta pesquisa fornecem subsídios para a maximização das contribuições do uso das TICs sobre o produto nacional. As políticas de incentivo possuem a capacidade de fortalecer os vínculos com maior geração de ganhos e estimular as conexões de menor magnitude, no sentido de aumentar a eficiência produtiva em setores de baixa maturidade digital e de expandir seus efeitos adjacentes na economia brasileira.

Por fim, cabe destacar as limitações metodológicas e informacionais inerentes ao método de insumo-produto e à base de dados. O modelo de Leontief é orientado exclusivamente pela demanda e, por conseguinte, não captura efeitos induzidos ou restrições impostas pela estrutura de oferta da economia. No entanto, as demais limitações tradicionais do modelo estático, como a hipótese de retornos constantes de escala, a rigidez na substituição de insumos e as distorções causadas por efeitos de preço, foram superadas pela abordagem empírica adotada neste trabalho. As decomposições anuais encadeadas no mesmo nível de preços viabilizam o isolamento estrito das mudanças de volume, com a consequente mitigação do viés inflacionário oriundo da volatilidade dos preços relativos no período. Essa abordagem assegura, ainda, que a variação dos coeficientes técnicos capture adequadamente os ganhos de mudança tecnológica internalizados na estrutura produção nacional, os ganhos de escala e as substituições reais entre insumos.

No âmbito da base de dados, a indisponibilidade de matrizes anuais oficiais impôs a utilização de tabelas estimadas (Alves-Passoni e Freitas, 2023; Miguez e Freitas, 2021). Esse fator, associado à agregação da economia em 26 setores, oculta heterogeneidades intraindústrias e sujeita os resultados a distorções marginais características dos processos de harmonização de séries temporais. Contudo, a definição desses 26 setores não ocorreu de maneira arbitrária. Como as matrizes de insumo-produto e as matrizes de absorção de investimentos não compartilham a mesma taxonomia, a correspondência direta entre elas era inviável. Desse modo, para compatibilizar as matrizes em uma configuração quadrada idêntica, o agrupamento pautou-se na similaridade das indústrias e na homogeneidade de seus conteúdos tecnológicos.

Como agenda para estudos futuros e desdobramentos diretos desta pesquisa, recomenda-se uma decomposição com foco no fator trabalho. Tal abordagem permitirá investigar se o crescimento do VBP impulsionado pelas TICs efetivamente cria empregos, ou se as mudanças no uso de TICs neutralizam a demanda laboral em setores específicos. Uma segunda frente promissora reside na estimação exclusiva do efeito de preços relativos, com o propósito de quantificar o

quanto as mudanças estruturais e a difusão tecnológica foram aceleradas ou contidas pela oscilação de custos das TICs em comparação aos demais insumos. Por fim, a transição para a ótica da oferta, por meio da utilização de matrizes de alocação total de Ghosh, viabiliza uma análise dos efeitos de restrições impostas pela própria capacidade da estrutura produtiva.

REFERÊNCIAS

ABES. Mercado Brasileiro de Software: Panorama e Tendências 2024. São Paulo: Associação Brasileira das Empresas de Software, 2024.

ALVES, Amanda Tamires; GOMES, Rogério; NERIS JR., Celso. O papel das TIC nas relações intersetoriais entre indústria e serviços. São Paulo: Blucher Engineering Proceedings, maio 2021. 1697–1714 p. DOI: <https://doi.org/10.5151/v-enei-736>. Disponível em: <https://pdf.blucher.com.br/engineeringproceedings/v-enei/736.pdf>. Acessado: 24 jun. 2026.

ALVES, Carlos Eduardo Azen; LIMA, Ricardo Rivera de Sousa; MADEIRA, Rodrigo Ferreira. Telecomunicações e inclusão digital. O BNDES e as agendas setoriais: contribuições para a transição de governo. Rio de Janeiro: BNDES, dez. 2018. p. 23–29. Disponível em: https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/18480/1/PRCapLiv214861_Telecomunica%C3%A7%C3%B5es%20e%20Inclus%C3%A3o%20Digital_P_BD.pdf. Acessado: 10 dez. 2025.

ALVES-PASSONI, Patieene; FREITAS, Fabio. Como deflacionar matrizes insumo-produto? Uma proposta de uma série deflacionada para o Brasil no SCN 2010: Texto para Discussão 30/2022. Rio de Janeiro: Instituto de economia UFRJ, 2022. (Texto para Discussão 30/2022).

ALVES-PASSONI, Patieene; FREITAS, Fabio. Estimação de Matrizes Insumo-Produto anuais para o Brasil no Sistema de Contas Nacionais Referência 2010. Pesquisa e Planejamento Econômico (PPE), Rio de Janeiro, vol. 53, nº 1, 2023. Disponível em: https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/13265/23/PPE_v53_n1_Artigo4_estimacao_de_matrizes.pdf. Acessado: 6 out. 2025.

ANATEL. Edital de Licitação nº 1/2021-SOR/SPR/CD-ANATEL (Edital do 5G). Brasília: Agência Nacional de Telecomunicações, 2021. Disponível em: https://sei.anatel.gov.br/sei/modulos/pesquisa/md_pesq_documento_consulta_externa.php?eEP-wqk1skrd8hSlk5Z3rN4EVg9uLJqrLYJw_9INcO6OyRD8iqL9S9Xn8pP7_7nZL7eBIQWeOiWAZmPzrP88GsKp4NawWkp9n0q_6bMePRxnAsc5z5FRrlZQdkKAchW. Acessado: 10 jun. 2026.

ANATEL. Plano Estrutural de Redes de Telecomunicações – PERT: 2019-2024 (Atualização 2023). Brasília: Agência Nacional de Telecomunicações, 2023a.

ANATEL. Relatório de nível de carga tributária e custo de cesta de serviços de telecomunicações - Comparação Internacional. Brasília: Agência Nacional de Telecomunicações, fev. 2020. Disponível em: https://sei.anatel.gov.br/sei/modulos/pesquisa/md_pesq_documento_consulta_externa.php?eEP-wqk1skrd8hSlk5Z3rN4EVg9uLJqrLYJw_9INcO749ZU8ZBGqV8kq12EGBtZ1IHF52JvEnYmAN5rZfOeuv5M080Av6KUM0moZuZ7Tm0-0dHpzq0tstYZxofwhLfzQ. Acessado: 9 jun. 2026.

ANATEL. Relatório metodológico para adaptação da nova versão do Índice Brasileiro de Conectividade (IBC). Brasília: Agência Nacional de Telecomunicações, mar. 2025.

ANATEL. Relatório para a ITU e Anatel: Produto VII / Relatório I – Impactos induzidos pela digitalização da economia brasileira no setor de telecomunicações do país. Brasília: Agência Nacional de Telecomunicações, 2023b.

ANATEL. Resultados da estratégia 1T/2026: Plano estratégico 2023-3027. Brasília: Agência Nacional de Telecomunicações, 2026. Disponível em: <https://www.gov.br/anatel/pt-br/acesso-a-informacao/transparencia-e-prestacao-de-contas/produtos-e-resultados-gerados/imagens/MetasEstrategicas1T2026infografico.png/@@images/image-1152-d3b1fd9e197effac73eff9dfcc4d687e.png>. Acessado: 8 jun. 2026.

BAREFOOT, Kevin; CURTIS, Dave; WILLIAM, Jolliff; NICHOLSON, Jessica R.; OMOHUNDRO, Robert. Defining and Measuring the Digital Economy. Washington: U.S. Bureau of Economic Analysis, 15 mar. 2018.

BASANT, Rakesh; COMMANDER, Simon; HARRISON, Rupert; FILHO, Naércio Aquino Menezes. ICT adoption and productivity in developing countries: new firm level evidence from Brazil and India. Institute for the Study of Labor (IZA), nº 2294, 2006. Disponível em: <https://hdl.handle.net/10419/34045>.

BAZZAZAN, Fatemeh. The Economic Importance of ICT in Iran-Input-Output Approach. 2009 International Conference on Information and Financial Engineering. Singapura: IEEE, abr. 2009. 85–88 p. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/ICIFE.2009.11>.

BCB. Relatório de Inflação - junho de 2020. Brasília: Banco Central do Brasil (BCB), 22 jun. 2020. Disponível em: <https://www.bcb.gov.br/content/ri/relatorioinflacao/202006/ri202006p.pdf>. Acessado: 24 jun. 2026.

BETARELLI JUNIOR, Admir Antonio; FARIA, Weslem Rodrigues; MONTENEGRO, Rosa Livia Gonçalves; PEROBELLI, Fernando Salgueiro; RIBEIRO, Luiz Carlos de Santana. Telecommunications, productivity and regional dependence: a comparative analysis between the Brazil, China and main developed regions in the post-reform period. *Journal of Economic Structures*, vol. 11, nº 1, p. 1–24, 31 dez. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s40008-022-00263-x>.

BISSCHOP, Lieselot; HENDLIN, Yogi; JASPERS, Jelle. Designed to break: planned obsolescence as corporate environmental crime. *Crime, Law and Social Change*, vol. 78, nº 3, p. 271–293, 2022.

BNDE. Fundo de desenvolvimento técnico-científico. *Revista do BNDE*, vol. 1, nº 4, p. 409–412, 1964.

BNDES. Estratégia de Longo Prazo 2026-2030: A Agenda de Indução à Inovação, Digitalização e IA. Rio de Janeiro: Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), 2026.

BNDES. Privatização do setor de telecomunicações no Brasil. In: PINHEIRO, Armando Castelar; FUKASAKU, Kiichiro (orgs.). *A privatização no Brasil: o caso dos serviços de utilidade pública*. Biblioteca Digital: Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior, 2000. Disponível em: <http://www.bndes.gov.br/bibliotecadigital>. Acessado: 23 mar. 2025.

BRASIL. 80% da população brasileira terá acesso ao 5G até o fim de 2026. Ministério das Comunicações. 16 mar. 2026. Disponível em: <https://www.gov.br/mcom/pt-br/noticias/2026/marco/80-da-populacao-brasileira-tera-acesso-ao-5g-ate-o-fim-de-2026>. Acessado: 10 jun. 2026.

BRASIL. BNDES lança linha de R\$ 2 bilhões para data centers no Brasil. Agência BNDES de Notícias. 2024a. Disponível em: [https://agenciadenoticias.bndes.gov.br/industria/BNDES-lanca-linha-de-R\\$-2-bilhoes-para-data-centers-no-Brasil/](https://agenciadenoticias.bndes.gov.br/industria/BNDES-lanca-linha-de-R$-2-bilhoes-para-data-centers-no-Brasil/). Acessado: 30 jan. 2026.

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. Brasília. 1988.

BRASIL. Decreto 10.480, de 1 de setembro de 2020. Brasília. 2020a. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/decreto/d10480.htm. Acessado: 10 jun. 2026.

BRASIL. Decreto nº 8.234, de 2 de maio de 2014. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, Brasília. 2014a.

BRASIL. Decreto nº 9.319, de 21 de março de 2018. Brasília. 2018a.

BRASIL. Decreto nº 9.612, de 17 de dezembro de 2018. Presidência da República. Secretaria-Geral. Subchefia para Assuntos Jurídicos, Brasília. 2018b.

BRASIL. Decreto nº 9.854, de 25 de junho de 2019. Brasília. 2019a.

BRASIL. Decreto nº 10.615, de 29 de janeiro de 2021. Brasília. 2021a.

BRASIL. Decreto nº 11.004, de 21 de março de 2022. Presidência da República. Secretaria-Geral. Subchefia para Assuntos Jurídicos, Brasília. 2022a.

BRASIL. Decreto nº 11.456, de 28 de março de 2023. Brasília. 2023a.

BRASIL. Emenda Constitucional nº 93, de 8 de setembro de 2016. 2016.: Diário Oficial da União: seção 1, Edição Extra, Brasília, DF, 2016.

BRASIL. Emenda Constitucional nº132, de 20 de dezembro de 2023. Brasília. 2023b. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/emenda-constitucional-n-132-532314756>. Acessado: 9 jun. 2026.

BRASIL. Estratégia Brasileira para a Transformação Digital (E-Digital). Brasília: Brasil, 2018c. Disponível em: <https://www.gov.br/governodigital/pt-br/estrategia-de-governanca-digital/eDigital.pdf>. Acessado: 24 jun. 2026.

BRASIL. Lei 13.116, de 20 de abril de 2015. Brasília. 2015. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2015/lei/l13116.htm. Acessado: 10 jun. 2026.

BRASIL. Lei 14.424, de 27 de julho de 2022. Brasília. 2022b. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2022/lei/l14424.htm. Acessado: 10 jun. 2026.

BRASIL. Lei nº 5.070, de 7 de julho de 1966. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, Brasília. 1966.

BRASIL. Lei nº 8.248, de 23 de outubro de 1991. Brasília. 23 out. 1991.

BRASIL. Lei nº 9.472, de 16 de julho de 1997. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, Brasília. 1997.

BRASIL. Lei nº 9.998, de 17 de agosto de 2000. Brasília. 2000a.

BRASIL. Lei nº 10.052, de 28 de novembro de 2000. Diário Oficial da União, Brasília. 2000b.

BRASIL. Lei nº 10.176, de 11 de janeiro de 2001. Brasília. 2001.

BRASIL. Lei nº 11.077, de 30 de dezembro de 2004. Brasília. 2004.

BRASIL. Lei nº 11.484, de 31 de maio de 2007. Brasília. 2007.

BRASIL. Lei nº 12.485, de 12 de setembro de 2011. Brasília. 2011.

BRASIL. Lei nº 12.715, de 17 de setembro de 2012. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, Brasília, Brasília. 2012.

BRASIL. Lei nº 12.965, de 23 de abril de 2014. Brasília. 23 abr. 2014b.

BRASIL. Lei nº 12.965, de 23 de abril de 2014. Brasília. 23 abr. 2014c.

BRASIL. Lei nº 13.969, de 26 de dezembro de 2019. Brasília. 26 dez. 2019b.

BRASIL. Lei nº 14.108, de 16 de dezembro de 2020. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, Brasília. 2020b.

BRASIL. Lei nº 14.109, de 16 de dezembro de 2020. Diário Oficial da União, Brasília. 2020c.

BRASIL. Lei nº 14.173, de 15 de junho de 2021. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, Brasília. 2021b.

BRASIL. Lei nº 14.475, de 6 de dezembro de 2022. Brasília. 2022c.

BRASIL. Lei nº 14.968, de 11 de setembro de 2024. Brasília. 2024b.

BRASIL. Lei nº 15.320, de 2025. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, Brasília. 2025a.

BRASIL. Nova indústria Brasil – forte, transformadora e sustentável: Plano de Ação para a Neointustrialização 2024-2026. Brasília: Conselho Nacional de Desenvolvimento Industrial (CNDI), 2025b. Disponível em: <https://www.gov.br/mdic/pt-br/composicao/se/cndi/plano-de-acao/nova-industria-brasil-plano-de-acao-2024-2026-1.pdf>. Acessado: 24 jun. 2026.

BRESNAHAN, Timothy F; TRAJTENBERG, Manuel. General purpose technologies ‘Engines of growth’? Journal of econometrics, vol. 65, nº 1, p. 83–108, 1995.

BRYNJOLFSSON, Erik; HITT, Lorin M. Beyond Computation: Information Technology, Organizational Transformation and Business Performance. *Journal of Economic Perspectives*, vol. 14, nº 4, p. 23–48, 1 nov. 2000. Disponível em: <https://doi.org/10.1257/jep.14.4.23>.

BUENO, André Correia; SARTI, Fernando. Evolução e impactos dos investimentos em infraestrutura no Brasil no período entre 2000 e 2015. 20 fev. 2019. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 20 fev. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.47749/T/UNICAMP.2019.1093990>.

BUKHT, Rumana; HEEKS, Richard. Defining, Conceptualising and Measuring the Digital Economy. *SSRN Electronic Journal*, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.2139/ssrn.3431732>.

CALVINO, Flavio; CRISCUOLO, Chiara; MARCOLIN, Luca; SQUICCIARINI, Mariagrazia. A taxonomy of digital intensive sectors. Paris: OCDE, 15 jun. 2018. (Technology and Industry Working Papers). Disponível em: <https://doi.org/10.1787/f404736a-en>.

CÁMARA, Noelia; TUESTA, David. DiGiX: The Digitization Index DiGiX: Working Paper February. Madrid: Banco Bilbao Vizcaya Argentaria (BBVA) Research, 1 fev. 2017. 1–18 p. (Working Paper February 2017). Disponível em: https://www.bbvaresearch.com/wp-content/uploads/2017/02/WP_17-03_DiGiX_methodology.pdf. Acessado: 24 jun. 2026.

CARDOSO, Jucyene. A reestruturação do setor de telecomunicações no Brasil: os caminhos da privatização e os desafios do aprendizado institucional da regulação. Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, 2000. Disponível em: <https://doi.org/10.14393/ufu.di.2000.35>.

CARTER, Anne P. Structural Change in the American Economy. Cambridge: Harvard University Press, 31 dez. 1970. Disponível em: <https://doi.org/10.4159/harvard.9780674493629>.

CECCOBELLI, M.; GITTO, S.; MANCUSO, P. ICT capital and labour productivity growth: A non-parametric analysis of 14 OECD countries. *Telecommunications Policy*, vol. 36, nº 4, p. 282–292, maio 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2011.12.012>.

CGI BRASIL. TIC Domicílios 2024 - Pesquisa sobre o uso das tecnologias de informação e comunicação nos domicílios brasileiros. São Paulo: Comitê Gestor da Internet no Brasil, 2025a. Disponível em: https://www.cetic.br/media/docs/publicacoes/2/20250512120132/tic_domicilios_2024_livro_eletronico.pdf. Acessado: 7 jul. 2025.

CGI BRASIL. TIC empresas 2024 - Pesquisa sobre o uso das tecnologias de informação e comunicação nas empresas brasileiras. São Paulo: Comitê Gestor da Internet no Brasil, 2025b.

CGI.BR. TIC Domicílios 2018: Pesquisa sobre o Uso das Tecnologias de Informação e Comunicação nos Domicílios Brasileiros. São Paulo: Comitê Gestor da Internet no Brasil (CGI.br) / Núcleo de Informação e Coordenação do Ponto BR (NIC.br), 2019.

CGI.BR. TIC Domicílios 2022 - Pesquisa sobre o Uso das Tecnologias de Informação e Comunicação nos Domicílios Brasileiros. São Paulo: Comitê Gestor da Internet no Brasil (CGI.br), 2023.

CGI.BR. TIC DOMICÍLIOS 2023- Pesquisa sobre o Uso das Tecnologias de Informação e Comunicação nos Domicílios Brasileiros. São Paulo: Comitê Gestor da Internet no Brasil, 2024. Disponível em: www.cgi.br. Acessado: 31 mar. 2025.

CHALIUK, Yuliia; DOVHANYK, Nadiia; KURBALA, Natalia; KOMAROVA, Katerina; KOVALCHUK, Natalia. The Digital Economy in a Global Environment. *Journal of Interdisciplinary Research*, nº 1, p. 143–148, 2021.

CHARLITA DE FREITAS, Luciano; DE MOURA FILHO, Ronaldo Neves; EULER DE MORAIS, Leonardo. Histórico e perspectivas sobre o fundo de universalização de serviços de telecomunicações - fust: financiamento, governança e alocação. *Cadernos de finanças públicas*, vol. 21, nº 02, 17 set. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.55532/1806-8944.2021.111>.

CHU, Yu-Hsien; HSU, Sheng-Ming; CHANG, Ching-Cheng; HSU, Shih-Hsun. An Economy-Wide Assessment of Artificial Intelligence Investment on Manufacturing: A Case Study of

Taiwan's Semiconductor and ICT Industries. *Modern Economy*, vol. 11, nº 05, p. 1040–1052, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.4236/me.2020.115078>.

CHUNG, Hyuk. ICT investment-specific technological change and productivity growth in Korea: Comparison of 1996–2005 and 2006–2015. *Telecommunications Policy*, vol. 42, nº 1, p. 78–90, fev. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2017.08.005>.

CONEXIS. *Brasil Digital: Propostas para um Brasil Digital*. Brasília: Conexis Brasil Digital, 2022.

CONEXIS. *Setor de Telecomunicações: Fundos Setoriais 2023 - Arrecadação 2001-2023*. Brasília: Conexis Brasil Digital, 2024.

CONWAY, Richard S. Changes in regional input-output coefficients and regional forecasting. *Regional Science and Urban Economics*, vol. 10, nº 1, p. 153–171, mar. 1980. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/0166-0462\(80\)90053-8](https://doi.org/10.1016/0166-0462(80)90053-8).

CRTC. *Broadcasting Regulatory Policy 2026-96*. Gatineau: Canadian Radio-television and Telecommunications Commission (CRTC), maio 2026. Disponível em: <https://crtc.gc.ca/eng/archive/2026/2026-95.pdf>. Acessado: 24 jun. 2026.

DAUDT, Gabriel Marino; WILLCOX, Luiz Daniel. Indústria automotiva. PUGA, Fernando Pimentel; CASTRO, Lavínia Barros de (Org.). *Visão 2035 : Brasil, país desenvolvido: agendas setoriais para alcance da meta*. Rio de Janeiro: Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social, 2018. p. 183–208. Disponível em: <http://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/16241>. Acessado: 17 mar. 2026.

DE MENDONÇA, Marco Aurélio Alves; FREITAS, Fernando; DE SOUZA, Jano Moreira. Information technology and productivity: Evidence for Brazilian industry from firm-level data. *Information Technology for Development*, vol. 14, nº 2, p. 136–153, 19 abr. 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/itdj.20091>.

DIETZENBACHER, Erik; LOS, Bart. Analyzing decomposition analyses. In: *Prices, Growth and Cycles: Essays in Honour of András Bródy*. Springer, 1997. pp. 108–131.

DIETZENBACHER, Erik; LOS, Bart. Structural Decomposition Techniques: Sense and Sensitivity. *Economic Systems Research*, vol. 10, nº 4, p. 307–324, dez. 1998. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/09535319800000023>.

DIETZENBACHER, Erik; LOS, Bart; STEHRER, Robert; TIMMER, Marcel; DE VRIES, Gaaitzen. The construction of World Input–Output Tables in the WIOD Project. *Economic Systems Research*, vol. 25, nº 1, p. 71–98, 21 mar. 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/09535314.2012.761180>.

DUC, Dang Thi Viet; DAT, Tran Tho; LINH, Dang Huyen; PHONG, Bui Xuan. Measuring the digital economy in Vietnam. *Telecommunications Policy*, vol. 48, nº 3, p. 102683, abr. 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2023.102683>.

EC. Digital Networks Act. Bruxelas: European Comission (EC), 21 jan. 2026. Disponível em: <https://ec.europa.eu/newsroom/dae/redirection/document/123753>. Acessado: 24 jun. 2026.

EDQUIST, Harald; HENREKSON, Magnus. Do R&D and ICT affect total factor productivity growth differently? *Telecommunications Policy*, vol. 41, nº 2, p. 106–119, mar. 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2016.11.010>.

ERUMBAN, Abdul A. Informality and aggregate labor productivity growth: Does ICT moderate the relationship? *Telecommunications Policy*, vol. 48, nº 1, p. 102681, fev. 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2023.102681>.

EUROPEAN COMISSION. The Digital Economy and Society Index (DESI). Bruxelas: EC, 2014. Disponível em: <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/desi>. Acessado: 8 jan. 2026.

EUROSTAT. Digital Intensity by size class of enterprise. Luxemburgo: Eurostat, 2024. Disponível em: [https://ec.europa.eu/eurostat/cache/metadata/en/isoc_e_dii_esmsip2.htm#:~:text=2.3.&text=The%20Digital%20Intensity%20Index%20\(DII,first%20time%20compiled%20in%202015](https://ec.europa.eu/eurostat/cache/metadata/en/isoc_e_dii_esmsip2.htm#:~:text=2.3.&text=The%20Digital%20Intensity%20Index%20(DII,first%20time%20compiled%20in%202015). Acessado: 23 jul. 2025.

FEIJÓ, Carmen. Contabilidade social: referência atualizada das contas nacionais do Brasil. Rio de Janeiro: Elsevier Brasil, 2013.

FENG, Suling; CHONG, Yu; YANG, Yang; HAO, Xiangru. Digitization and Total Factor Productivity: Evidence From China. *The Singapore Economic Review*, p. 1–33, 23 dez. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1142/S0217590822500771>.

FLAIG, Dorothee; LOPEZ-GONZALEZ, Javier; MESSENT, James; JOUANJEAN, Marie-Agnes. Modelling data localisation measures. Washington: Global Trade Analysis Project (GTAP), jun. 2016. (GTAP Annual Conference on Global Economic Analysis).

FRANK, Alejandro Germán; DALENOGARE, Lucas Santos; AYALA, Néstor Fabián. Industry 4.0 technologies: Implementation patterns in manufacturing companies. *International Journal of Production Economics*, vol. 210, p. 15–26, abr. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2019.01.004>.

G20 DETF. G20 Digital Economy Ministerial Declaration. Salta: G20 Argentina, 2018. Disponível em: https://www.g20.utoronto.ca/2018/2018-08-24-digital_ministerial_declaration_salta.pdf. Acessado: 16 mar. 2025.

GOLDFARB, Avi; TUCKER, Catherine. Digital Economics. *Journal of Economic Literature*, vol. 57, nº 1, p. 3–43, 1 mar. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1257/jel.20171452>.

GRIJÓ, Eduardo; BÊRNI, D de A. Metodologia completa para a estimativa de matrizes de insumo-produto. *Teoria e evidência econômica*, vol. 14, nº 26, p. 9–42, 2006.

GUILHOTO, Joaquim J. M.; SESSO FILHO, Umberto A. Estimação da matriz insumo-produto a partir de dados preliminares das contas nacionais. *Economia Aplicada*, vol. 9, nº 2, p. 277–299, 15 abr. 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.11606/1413-8050/ea221406>.

GUILHOTO, Joaquim José Martins; SESSO FILHO, Umberto Antonio. Estimação da matriz insumo-produto utilizando dados preliminares das contas nacionais: aplicação e análise de indicadores econômicos para o Brasil em 2005. *Revista Economia & Tecnologia*, vol. 6, nº 4, 31 dez. 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.5380/ret.v6i4.26912>.

GUNASEKERA, Don; VALENZUELA, Ernesto. Adoption of Blockchain Technology in the Australian Grains Trade: An Assessment of Potential Economic Effects. *Economic Papers: A journal of applied economics and policy*, vol. 39, nº 2, p. 152–161, 8 jun. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/1759-3441.12274>.

HUZZAT, Annysha; ANPALAGAN, Alagan; KHWAJA, Ahmed S.; WOUNGANG, Isaac; ALNOMAN, Ali A.; PILLAI, Anju S. A comprehensive review of Digital Twin technologies in smart cities. *Digital Engineering*, vol. 4, p. 100040, mar. 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.dte.2025.100040>.

IBGE. Classificação - Correspondência entre atividades-contas de divulgação do SCN 2010 e a classe Cnae 2.0 (4 dígitos): Tradutor Atividade - CNAE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). 2015. Disponível em: https://ftp.ibge.gov.br/Contas_Nacionais/Sistema_de_Contas_Nacionais/Tradutores/Tradutor_Atividade_CNAE.xls. Acessado: 22 mar. 2026.

IBGE. Correspondência CNAE 2.0 X ISIC/CIIU 4.0. Rio de Janeiro: Documentação CNAE 2.0, 2007. Disponível em: <https://concla.ibge.gov.br/classificacoes/correspondencias/atividades-economicas>. Acessado: 24 jun. 2026.

IBGE. Nota técnica - Matriz de insumo-produto Brasil, 2015. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, 2018. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=2101604>. Acessado: 23 out. 2023.

IBGE. Resolução nº 1, de 4 de setembro de 2006. Divulga a Classificação Nacional de Atividades Econômicas - CNAE 2.0. *Diário Oficial da União*: Concla/IBGE, 2006. Disponível em: <https://concla.ibge.gov.br/images/concla/documentacao/ResConcla2-2006.pdf>. Acessado: 24 jun. 2026.

IBGE. Sistema de Contas Nacionais: Brasil: Ano de referência 2010. Série Relatórios Metodológicos, v. 24. Brasília: IBGE, 2016. Disponível em:

https://ftp.ibge.gov.br/Contas_Nacionais/Contas_Nacionais_Trimestrais/Metodologia_da_Pesquisa/Series_Relatorios_Metodologicos_3a_edicao.pdf. Acessado: 24 jun. 2026.

IBGE. Tabela 6 - Produto Interno Bruto, Produto Interno Bruto per capita, população residente e deflator - 1996-2021. Brasília: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 2023a. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/contas-nacionais/9052-sistema-de-contas-nacionais-brasil.html?edicao=38276&t=resultados>. Acessado: 19 mar. 2026.

IBGE. Tabela 10.4 - Valor adicionado bruto constante e corrente, segundo as atividades - série retropolada - 2000-2021. Brasília: IBGE, 2023b. Disponível em: https://ftp.ibge.gov.br/Contas_Nacionais/Sistema_de_Contas_Nacionais/2021/tabelas_xls/sinoticas/tab10_4.xls. Acessado: 2 jul. 2025.

IBGE. Tabelas - 2021 Sistema de contas nacionais: Brasil - Nível 51 – 2000-2021 – Nível de atividade de divulgação da série retropolada (em formato xls e ods). 2023c. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/servicos/9052-sistema-de-contas-nacionais-brasil.html?edicao=38276&t=resultados>. Acessado: 25 jun. 2025.

ITIF; ATKINSON, Robert D; FOOTE, Caleb. The 2020 State New Economy Index Benchmarking Economic Transformation in the States. Washington: Information Technology & Innovation Foundation - ITIF, 2021. Disponível em: <https://www2.itif.org/2020-state-new-economy-index.pdf>. Acessado: 22 jul. 2025.

ITU. Core list of ICT indicators. Genebra: International Telecommunication Union (ITU), 2022. Disponível em: <http://www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Pages/coreindicators/default.aspx>. Acessado: 22 jul. 2025.

ITU. L.1451: Methodology for assessing the aggregated positive sector-level impacts of ICT in other sectors. 2019. Disponível em: <https://www.itu.int/rec/T-REC-L.1451-201911-I/en>. Acessado: 31 maio 2026.

ITU. Measuring digital development: The ICT Development Index 2025. Genebra: International Telecommunication Union - ITU, 2025. Disponível em:

https://www.itu.int/dms_pub/itu-d/opb/ind/D-IND-ICT_MDD-2025-1-PDF-E.pdf. Acessado: 24 jun. 2026.

JALAVA, Jukka; POHJOLA, Matti. ICT as a source of output and productivity growth in Finland. *Telecommunications Policy*, vol. 31, nº 8–9, p. 463–472, set. 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2007.05.011>.

JORGENSEN, Dale; HO, Mun; STIROH, Kevin. *Productivity, Volume 3: Information Technology and The American Growth Resurgence*. Cambridge: MIT Press, 1 jan. 2005.

JORGENSEN, Dale W; HO, Mun S; STIROH, Kevin J. A retrospective look at the US productivity growth resurgence. *Journal of Economic perspectives*, vol. 22, nº 1, p. 3–24, 2008.

KATZ, Raul; GALPERÍN, Hernán; CALLORDA, Fernando. Impacto econômico da infraestrutura de última milha no Brasil. In: CETIC.BR (org.). *TIC Domicílios 2021*. São Paulo: Comitê Gestor da Internet no Brasil, 2022. p. 328. Disponível em: <https://bibliotecadigital.acervo.nic.br/handle/123456789/1001>. Acessado: 8 jun. 2026.

KECEK, Damira; MILKOVIC, Marin; MIKULIC, Davor. Input-output multipliers of croatian ICT sectors. In: RIBEIRO, Humberto; COSTA, Marco; CEROVIC, Ljerka (orgs.). *Economic and Social Development / 43rd International Scientific Conference on Economic and Social Development – “Rethinking Management in the Digital Era: Challenges from Industry 4.0 to Retail Management” / Book of Proceedings*. Varaždin: Varazdin Development and Entrepreneurship Agency, 2019. p. 22–31.

KIM, Keungoui; BOUNFOUR, Ahmed; NONNIS, Alberto; ÖZAYGEN, Altay. Measuring ICT externalities and their contribution to productivity: A bilateral trade based approach. *Telecommunications Policy*, vol. 45, nº 2, p. 102085, mar. 2021a. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2020.102085>.

KIM, Keungoui; BOUNFOUR, Ahmed; NONNIS, Alberto; ÖZAYGEN, Altay. Measuring ICT externalities and their contribution to productivity: A bilateral trade based approach. *Telecommunications Policy*, vol. 45, nº 2, p. 102085, mar. 2021b. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2020.102085>.

KLING, Rob; LAMB, Roberta. IT and Organizational Change in Digital Economies: A Sociotechnical Approach. Understanding the Digital Economy. New York: The MIT Press, 29 set. 2000. p. 295–324. Disponível em: <https://doi.org/10.7551/mitpress/6986.003.0017>.

KOUTROUMPIS, Pantelis; LEIPONEN, Aija; THOMAS, Llewellyn D.W. Small is big in ICT: The impact of R&D on productivity. Telecommunications Policy, vol. 44, nº 1, p. 101833, fev. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2019.101833>.

KRETSCHMER, Tobias. Information and Communication Technologies and Productivity Growth. Paris: OECD Digital Economy Papers No. 195, 13 abr. 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1787/5k9bh3jllgs7-en>.

KUBOTA, Luis Claudio (org.). Digitalização e tecnologias da informação e comunicação: oportunidades e desafios para o Brasil. Rio de Janeiro: IPEA, 11 jan. 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.38116/9786556350660>.

LASPEYRES, K. IX. Die Berechnung einer mittleren Waarenpreissteigerung. Jahrbücher für Nationalökonomie und Statistik, vol. 16, nº 1, p. 296–318, 1871.

LI, Hao; HAN, Jian; XU, Yayun. The effect of the digital economy on services exports competitiveness and ternary margins. Telecommunications Policy, vol. 47, nº 7, p. 102596, ago. 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2023.102596>.

LIM, Jing Zhi; HENG, Toh Mun; TAOJUN, Xie. Impact of Digital Economy Agreements on ASEAN Development: Estimates from a CGE Model. 2022 Conference Paper. GTAP Resource #6617, vol. 2022, 2022. Disponível em: <https://ageconsearch.umn.edu/record/333441>. Acessado: 29 jul. 2025.

LIMA, Ricardo Rivera de Sousa. Complexo eletrônico: a evolução recente e os desafios para o setor e para a atuação do BNDES. BNDES 60 anos: perspectivas setoriais/Organizador: Filipe Lage de Sousa. 1. ed. Rio de Janeiro: Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), 2012. vol. 1, ed 1.

LOURENÇO, Rosane (org.). Do paradoxo das habilidades à superinteligência pós-humana: como a tecnologia da informação e comunicação vem forjando o futuro da relação homem-máquina (Série Nova Geração de Infraestrutura. Tecnologia da Informação & Comunicação). Brasília: Ipea, 9 set. 2024. 787 p. Disponível em: <https://doi.org/10.38116/978-65-5635-071-4>.

MACCHIAVELLO, Fiorella; DIAS, Jéssica. Tendências na transformação digital e os novos players nas organizações: do CIO ao CDO. Campinas: [S.n.], 2019. 1–22 p.

MALINAUSKAITE, Jurgita; ERDEM, Fatih Buğra. Planned obsolescence in the context of a holistic legal sphere and the circular economy. *Oxford Journal of Legal Studies*, vol. 41, nº 3, p. 719–749, 2021.

MARCATO, Marília; SARTI, Fernando; INTROINI, Marcelo. Tecnologias digitais e reorganização da produção internacional. *Revista Brasileira de Inovação*, vol. 22, p. 1–35, 13 nov. 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.20396/rbi.v22i00.8668477>.

MARINGONI, Gilberto. Comunicações na América Latina: progresso tecnológico, difusão e concentração de capital (1870-2008). Panorama da comunicação e das telecomunicações no Brasil / organizadores: Daniel Castro, José Marques de Melo, Cosette Castro. Brasília: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada - IPEA, 2010.

MATTIOLI, Elvio; LAMONICA, Giuseppe Ricciardo. The ICT Role in the World Economy: An Input-Output Analysis. *Journal of World Economic Research*, vol. 2, nº 2, p. 20, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.11648/j.jwer.20130202.11>.

MCKINSEY. The New Era of Global Flows. New York: Mckinsey & Company, mar. 2016.

MEIRELLES, Fernando S. Pesquisa do Uso da TI - Tecnologia de Informação nas Empresas. São Paulo: Fundação Getúlio Vargas - EAESP, 2024. Acessado: 5 abr. 2025.

MENDONÇA, Mário Jorge Cardoso de; SILVA, José Jaime da. Estimção da demanda por serviços de Internet a partir de microdados da pesquisa TIC Domicílios 2015. TIC DOMICÍLIOS 2017. São Paulo: Comitê Gestor da Internet no Brasil (CGI.br), 2018. p. 185–

192. Disponível em: <https://bibliotecadigital.acervo.nic.br/handle/123456789/1206>. Acessado: 9 jun. 2026.

MENDONCA, Marco; FREITAS, Fernando; SOUZA, Jano. Information technology and productivity: Evidence for Brazilian industry from firm-level data. *Information Technology for Development*, vol. 14, p. 136–153, mar. 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/itdj.20091>.

MESENBOURG, Thomas L. Measuring the digital economy. *US Bureau of the Census*, vol. 1, nº 1, p. 1–19, 2001. Disponível em: <https://www.census.gov/content/dam/Census/library/working-papers/2001/econ/umdigital.pdf>. Acessado: 24 jun. 2026.

MIGUEZ, Thiago de Holanda Lima; FREITAS, Fabio Neves Peracio de. *Evolução da Formação Bruta de Capital Fixo na Economia Brasileira 2000-2013: Uma Análise Multissetorial a partir das Matrizes de Absorção de Investimento (MAIs)*. 2016. Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Rio de Janeiro, 2016. .

MIGUEZ, Thiago; FREITAS, Fabio. *Matrizes de Absorção de Investimento (MAIs): Metodologia de Estimação para o Sistema de Contas Nacionais Referência 2010*. Instituto de economia UFRJ, nº Texto para Discussão 024 | 2021, set. 2021. DOI: <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.24762.67525>. Disponível em: https://www.ie.ufrj.br/images/IE/TDS/2021/TD_IE_024_2021_MIGUEZ_FREITAS.pdf. Acessado: 24 jun. 2026.

MIGUEZ, Thiago Holanda de Lima. Bens de capital - Capital goods. PUGA, Fernando Pimentel; CASTRO, Lavínia Barros de (Org.). *Visão 2035: Brasil, país desenvolvido: agendas setoriais para alcance da meta*. Rio de Janeiro: Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social, 2018. p. 159–182. Disponível em: <http://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/16240>. Acessado: 10 mar. 2026.

MILLER, Ronald E; BLAIR, Peter D. *Input-Output Analysis Foundations and Extensions Second Edition*. 2. ed. Washington, DC.: Cambridge, 2009. 737 p.

MITKIEWICZ, Fernando André Coelho. Transformação digital: análise da implantação da plataforma gov.br e da evolução da maturidade da política de governo digital no Brasil. Digitalização e tecnologias da informação e comunicação : oportunidades e desafios para o Brasil.: Ipea, 11 jan. 2024. p. 255–294. Disponível em: <https://doi.org/10.38116/9786556350660cap8>.

M-LAB. Worldwide broadband speed league 2024. Nova York: BestBroadbandDeals.co.uk, 2024. Disponível em: https://540k006f.tinifycdn.com/broadband/worldwide-speed-league/2024/worldwide_speed_league_data.xlsx. Acessado: 8 jun. 2026.

MOLLINS, Jeffrey; TASKIN, Temel. Digitalization: Productivity. Staff Discussion Paper. Ottawa: Bank of Canada, 2023. (Bank of Canada Staff Discussion Paper). Disponível em: <https://doi.org/10.34989/sdp-2023-17>.

MOREIRA, André Mendes; ESTANISLAU, César Vale. Taxas de fiscalização e o princípio da equivalência: o caso da TFI e da TFF. IBET - Instituto Brasileiro de Estudos Tributários (Seção de Doutrina), 19 mar. 2018.

NAKATANI, Ryota. Total factor productivity enablers in the ICT industry: A cross-country firm-level analysis. Telecommunications Policy, vol. 45, nº 9, p. 102188, out. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2021.102188>.

OECD. A Caminho da Era Digital no Brasil. Paris: OECD Reviews of Digital Transformation, 26 out. 2020a. DOI: <https://doi.org/10.1787/45a84b29-pt>. Disponível em: https://www.oecd.org/pt/publications/2020/10/going-digital-in-brazil_532cb108.html. Acessado: 24 jun. 2026.

OECD. A Roadmap toward a common framework for measuring the digital economy. report for the G20 digital economy task force. Arábia Saudita, 2020b. Disponível em: <https://www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Documents/publications/OECDRoadmapDigitalEconomy2020.pdf>. Acessado: 16 jun. 2025.

OECD. Avaliação da OCDE sobre Telecomunicações e Radiodifusão no Brasil 2020. Paris: OECD Publishing, 26 out. 2020c. Disponível em: <https://doi.org/10.1787/0a4936dd-pt>.

OECD. Digital Economy Outlook 2020.: OECD, 27 nov. 2020d. DOI: <https://doi.org/10.1787/bb167041-en>. Disponível em: https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2020/11/oecd-digital-economy-outlook-2020_3f7b7e58/bb167041-en.pdf. Acessado: 21 mar. 2025.

OECD. OECD Digital Economy Outlook 2024 (Volume 1).: OECD Publishing, 14 maio 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1787/a1689dc5-en>.

OECD. Reforma Regulatória no Brasil.: OECD, 15 nov. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1787/f7455d72-pt>.

OECD. The Digital Economy. Paris: [S.n.], 7 fev. 2013. (OECD Competition Law and Policy Working Papers). Disponível em: <https://doi.org/10.1787/929323d1-en>.

OECD. The Digitalisation of Science, Technology and Innovation. Paris: OECD, 11 fev. 2020e. Disponível em: <https://doi.org/10.1787/b9e4a2c0-en>.

OKORIE, David Iheke; ADEDEJI, Adeniran; IFIONU, Chinedu. Assessing digitalization and the economy: A dynamic recursive CGE modelling approach. *Telecommunications Policy*, vol. 49, nº 4, p. 102936, maio 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2025.102936>.

OLIVEIRA, Pétala Rodrigues de. Cadeias globais de valor: um estudo do comércio internacional de serviços a partir da análise de redes em matrizes de insumo-produto. 2019.

OLIVEIRA, José Clemente; CARDOSO, Silvando da Silva. Fundo de desenvolvimento técnico-científico Funtec. 2. ed. Rio de Janeiro: Banco Nacional do Desenvolvimento Econômico, 1968. 72–94 p. Disponível em: <https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/12155/2/Fundo%20de%20desenvolvimento%20t%C3%A9cnico-cientifico%20funtec.pdf>. Acessado: 10 dez. 2025.

PAASCHE, Hermann. Über die Preisentwicklung der letzten Jahre nach den Hamburger Borsennotirungen. *Jahrbücher für Nationalökonomie und Statistik*, vol. 12, p. 168, 1874.

PAN, Wenrong; XIE, Tao; WANG, Zhuwang; MA, Lisha. Digital economy: An innovation driver for total factor productivity. *Journal of Business Research*, vol. 139, p. 303–311, fev. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2021.09.061>.

PENNSYLVANIA. House Bill 1678 (HB 1678).. 9 jun. 2026. Disponível em: <https://www.palegis.us/legislation/bills/2025/hb1678>. Acessado: 24 jun. 2026.

REHMAN, Naqeeb Ur; NUNZIANTE, Giulia. The effect of the digital economy on total factor productivity in European regions. *Telecommunications Policy*, vol. 47, n° 10, p. 102650, nov. 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2023.102650>.

ROHMAN, Ibrahim Kholilul. The globalization and stagnation of the ICT sectors in European countries: An input-output analysis. *Telecommunications Policy*, vol. 37, n° 4–5, p. 387–399, maio 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2012.05.001>.

SKOLKA, Jiří. Input-output structural decomposition analysis for Austria. *Journal of Policy Modeling*, vol. 11, n° 1, p. 45–66, mar. 1989. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/0161-8938\(89\)90024-0](https://doi.org/10.1016/0161-8938(89)90024-0).

SOFTEX. Transformação digital do governo e impactos da COVID-19: tendências e recomendações para respaldar políticas públicas assertivas. Brasília: Associação para Promoção da Excelência do Software Brasileiro, 2020.

SOLOW, Robert M. A Contribution to the Theory of Economic Growth. *The Quarterly Journal of Economics*, vol. 70, n° 1, p. 65, fev. 1956. Disponível em: <https://doi.org/10.2307/1884513>.

SOUSA, Rodrigo Abdalla Filgueiras de; OLIVEIRA, João Maria de; KUBOTA, Luis Cláudio. Efeitos da convergência sobre a aplicação de políticas públicas para fomento dos serviços de informação e comunicação. *Panorama da comunicação e das telecomunicações no Brasil / organizadores: Daniel Castro, José Marques de Melo, Cosette Castro*. Brasília: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada - IPEA, 2010.

SOUSA FILHO, José Firmino. Análise de decomposição estrutural de insumo-produto e abertura comercial da economia brasileira. 2019. Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2019. .

SPENCE, Michaelds. Government and economics in the digital economy. *Journal of Government and Economics*, vol. 3, p. 100020, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jge.2021.100020>.

STAMOPOULOS, Dimitrios; DIMAS, Petros; TSAKANIKAS, Aggelos. Exploring the structural effects of the ICT sector in the Greek economy: A quantitative approach based on input-output and network analysis. *Telecommunications Policy*, vol. 46, nº 7, p. 102332, ago. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2022.102332>.

TAPSCOTT, D. *The Digital Economy: Promise and Peril in the Age of Networked Intelligence.*: McGraw-Hill, 1995. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=Nzi8QgAACAAJ>.

TIEBOUT, Charles M. An Empirical Regional Input-Output Projection Model: The State of Washington 1980. *The Review of Economics and Statistics*, vol. 51, nº 3, p. 334, ago. 1969. Disponível em: <https://doi.org/10.2307/1926567>.

ULLAH, Inam; NOOR, Asra; ABBAS, Muhammad; GARG, Sahil; CHOI, Bong Jun; HASSAN, Mohammad Mehedi; BAI, Xiaoshan. Optimizing smart city services by utilizing appropriate characteristics of digital twin for urban excellence. *Alexandria Engineering Journal*, vol. 122, p. 399–410, maio 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.aej.2025.02.085>.

UN. *Digital Economy Report 2021*. New York: United Nations Publications, 2021. Disponível em: <https://unctad.org/page/digital-economy-report-2021>. Acessado: 24 jun. 2026.

UNESCO. *UNESCO Science Report: the Race Against Time for Smarter Development*. Paris: UNESCO Publishing, 2021. 534–573 p. Disponível em: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000377433>. Acessado: 23 mar. 2025.

UNITED NATIONS. UN E-Government Survey 2022. Geneva: United Nations, 2022. Disponível em: <https://publicadministration.un.org/egovkb/en-us/reports/un-e-government-survey-2022>. Acessado: 24 jun. 2026.

US. Public Law 119-21. Washington: United States Congress, 4 jul. 2025.

U.S. TREASURY. Treasury Secures Agreement to Exempt U.S.-Headquartered Companies from Biden Global Tax Plan. Washington: United States Department of the Treasury, 5 jan. 2026.

VACCARA, Beatrice N; SIMON, Nancy W. Factors affecting the postwar industrial composition of real product. The industrial composition of income and product.: NBER, 1968. p. 19–66.

VERGARA COBOS, Estefania; MALASQUEZ, Eduardo A. Growth and Transformative Effects of ICT Adoption: A Survey (English). Washington, D.C.: World Bank, mar. 2023. DOI: <https://doi.org/10.1596/1813-9450-10352>. Disponível em: <https://documents.worldbank.org/en/publication/documents-reports/documentdetail/099554003092330716/idu0d9338f7201a08048bb088650a4f928761e4> b. Acessado: 17 jun. 2025.

VU, Khuong; AMANN, Juergen. An analysis of ICT hardware manufacturing in industrialized economies: Growth patterns, productivity performance, and driving Forces. Telecommunications Policy, vol. 48, nº 1, p. 102675, fev. 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2023.102675>.

WANG, Jianda; YANG, Senmiao; DONG, Kangyin; NEPAL, Rabindra. Assessing embodied carbon emission and its drivers in China's ICT sector: Multi-regional input-output and structural decomposition analysis. Energy Policy, vol. 186, p. 114008, mar. 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2024.114008>.

WORLD BANK. GovTech Maturity Index, 2022 Update: Trends in Public Sector Digital Transformation. © World Bank, 2022. Disponível em: <https://hdl.handle.net/10986/38499>. Acessado: 3 jul. 2025.

YE, Cheng; HUANG, Xinyi; LIN, Xiya; BHUIYAN, Miraj Ahmed. Digital economy and financial development nexus: a global perspective. *Economic Change and Restructuring*, vol. 58, nº 3, p. 35, 12 jun. 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10644-025-09864-5>.

YEO, Yeongjun; HWANG, Won-Sik; LEE, Jeong-Dong. THE SHRINKING MIDDLE: EXPLORING THE NEXUS BETWEEN INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGY, GROWTH, AND INEQUALITY. *Technological and Economic Development of Economy*, vol. 29, nº 3, p. 874–901, 13 abr. 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.3846/tede.2023.18713>.

ZACKIEWICZ, Mauro. A economia do software e a digitalização da economia. *Revista Brasileira de Inovação*, vol. 14, nº 2, p. 313–336, 2015.

ZHANG, Tianyu; LI, Na. Measuring digital economy: From the perspective of digital industrialization and industry digitalization. *Procedia Computer Science*, vol. 221, p. 1006–1012, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2023.08.081>.

ZHANG, Xiaoxi; SHINOZUKA, Machiko; TANAKA, Yuriko; KANAMORI, Yuko; MASUI, Toshihiko. How ICT can contribute to realize a sustainable society in the future: a CGE approach. *Environment, Development and Sustainability*, vol. 24, nº 4, p. 5614–5640, 5 abr. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10668-021-01674-9>.

ZHOU, Xiaoyong; ZHOU, Dequn; WANG, Qunwei. How does information and communication technology affect China's energy intensity? A three-tier structural decomposition analysis. *Energy*, vol. 151, p. 748–759, maio 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.03.115>.

ZUHDI, Ubaidillah; MORI, Shunsuke; KAMEGAI, Kazuhisa. Analyzing the Role of ICT Sector to the National Economic Structural Changes by Decomposition Analysis: The Case of Indonesia and Japan. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, vol. 65, p. 749–754, dez. 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.11.194>.

ANEXO

TABELA 16 - Variação real do VBP e contribuição do efeito tecnologia TIC por atividade econômica (2010-2021), em bilhões

Cód.	Setores	Δx	Efeito <i>tech</i> -TIC	Efeito/ Δx (%)
S1	Agropecuária	155,39	0,14	0,1
S2	Petróleo e gás	59,50	0,00	0,0
S3	Minério de ferro	-8,77	0,47	-5,4
S4	Outras atividades extrativas	0,97	0,03	2,7
S5	Alimentos, bebidas e fumo	-6,35	0,38	-6,0
S6	Têxtil e Calçados	-41,59	-0,03	0,1
S7	Celulose, papel e madeira	8,56	0,07	0,9
S8	Refino de Petróleo	35,27	-0,10	-0,3
S9	Etanol e outros biocombustíveis	8,52	-0,06	-0,7
S10	Químicos	12,48	0,29	2,3
S11	Perfumaria, Cosmético e Farmacêuticos	5,28	0,30	5,6
S12	Siderurgia e Metalurgia	-15,12	0,29	-1,9
S13	Equip. de informática e comunicações	28,42	7,47	26,3
S14	Outros Eletroeletrônicos	-16,99	0,44	-2,6
S15	Máquinas e equipamentos	4,72	0,26	5,5
S16	Veículos automotores e peças	-129,61	0,30	-0,2
S17	Indústrias diversas	-4,29	0,27	-6,3
S18	Serviços Industriais de utilidade pública	67,68	0,76	1,1
S19	Construção civil	-35,93	0,11	-0,3
S20	Comércio	92,79	3,67	4,0
S21	Transporte e armazenagem	-4,66	1,58	-34,0
S22	Alojamento e alimentação	-17,36	0,23	-1,3
S23	Serviços de informação	135,26	4,55	3,4
S24	Instituições financeiras e imobiliárias	172,98	2,08	1,2
S25	Administração Pública	48,08	8,87	18,5
S26	Outros serviços	147,11	1,51	1,0
Crescimento do VBP nacional		702,33	33,87	4,8

Fonte: Base de dados e resultados da pesquisa

TABELA 17 - Correspondência e agregação dos setores da MIP e da MAI

Cód.	Descrição MIP (nível 67)	Correspondência	Descrição MAI (nível 49)	Final
0191	Agricultura, inclusive o apoio à agricultura e a pós-colheita	0101	Agricultura, Silvicultura e Exploração Florestal	Agropecuária
0192	Pecuária, inclusive o apoio à pecuária	0102	Pecuária e Pesca	Agropecuária
0280	Produção florestal; pesca e aquicultura	0101	Agricultura, Silvicultura e Exploração Florestal	Agropecuária
0580	Extração de carvão mineral e de minerais não-metálicos	0203	Outros da Indústria Extrativa	Outras atividades extrativas
0680	Extração de petróleo e gás, inclusive as atividades de apoio	0201	Petróleo e Gás Natural	Petróleo e gás
0791	Extração de minério de ferro, inclusive beneficiamentos e a aglomeração	0202	Minério de Ferro	Minério de ferro
0792	Extração de minerais metálicos não-ferrosos, inclusive beneficiamentos	0203	Outros da Indústria Extrativa	Outras atividades extrativas
1091	Abate e produtos de carne, inclusive os produtos do laticínio e da pesca	0301	Alimentos e Bebidas	Alimentos, bebidas e fumo
1092	Fabricação e refino de açúcar	0301	Alimentos e Bebidas	Alimentos, bebidas e fumo
1093	Outros produtos alimentares	0301	Alimentos e Bebidas	Alimentos, bebidas e fumo
1100	Fabricação de bebidas	0301	Alimentos e Bebidas	Alimentos, bebidas e fumo
1200	Fabricação de produtos do fumo	0302	Produtos do Fumo	Alimentos, bebidas e fumo
1300	Fabricação de produtos têxteis	0303	Têxteis	Têxtil e Calçados
1400	Confecção de artefatos do vestuário e acessórios	0304	Artigos do Vestuário e Acessórios	Têxtil e Calçados

Cód.	Descrição MIP (nível 67)	Correspondência	Descrição MAI (nível 49)	Final
1500	Fabricação de calçados e de artefatos de couro	0305	Artefatos de Couro e Calçados	Têxtil e Calçados
1600	Fabricação de produtos da madeira	0306	Produtos de Madeira - Exclusive Móveis	Celulose, papel e madeira
1700	Fabricação de celulose, papel e produtos de papel	0307	Celulose e Produtos de Papel	Celulose, papel e madeira
1800	Impressão e reprodução de gravações	0308	Jornais, Revistas e Discos	Celulose, papel e madeira
1991	Refino de petróleo e coquerias	0309	Refino de Petróleo e Coque	Refino de Petróleo
1992	Fabricação de biocombustíveis	0310	Álcool	Etanol e outros biocombustíveis
2091	Fabricação de químicos orgânicos e inorgânicos, resinas e elastômeros	0311	Produtos Químicos	Químicos
2091	Fabricação de químicos orgânicos e inorgânicos, resinas e elastômeros	0312	Fabricação de Resina e Elastômeros	Químicos
2092	Fabricação de defensivos, desinfestantes, tintas e químicos diversos	0314	Defensivos Agrícolas	Químicos
2092	Fabricação de defensivos, desinfestantes, tintas e químicos diversos	0316	Tintas, Vernizes, Esmaltes e Lacas	Químicos
2092	Fabricação de defensivos, desinfestantes, tintas e químicos diversos	0317	Produtos e Preparados Químicos Diversos	Químicos
2093	Fabricação de produtos de limpeza, cosméticos/perfumaria e higiene pessoal	0315	Perfumaria Higiene e Limpeza	Perfumaria, Cosmético e Farmacêuticos
2100	Fabricação de produtos farmoquímicos e farmacêuticos	0313	Produtos Farmacêuticos	Perfumaria, Cosmético e Farmacêuticos
2200	Fabricação de produtos de borracha e de material plástico	0318	Artigos de Borracha e Plástico	Indústrias diversas
2300	Fabricação de produtos de minerais não-metálicos	0319 + 0320	Cimento e Outros Produtos de Minerais Não-Metálicos	Siderurgia e Metalurgia

Cód.	Descrição MIP (nível 67)	Correspondência	Descrição MAI (nível 49)	Final
2491	Produção de ferro-gusa/ferroligas, siderurgia e tubos de aço sem costura	0321	Fabricação de Aço e Derivados	Siderurgia e Metalurgia
2492	Metalurgia de metais não-ferrosos e a fundição de metais	0322	Metalurgia de Metais não-Ferrosos	Siderurgia e Metalurgia
2500	Fabricação de produtos de metal, exceto máquinas e equipamentos	0323	Produtos de Metal - Exclusive Máquinas e Equipamentos	Siderurgia e Metalurgia
2600	Fabricação de equipamentos de informática, produtos eletrônicos e ópticos	0326 + 0328 + 0329	Máquinas para Escritório, Aparelhos e e Material Eletrônico	Equip. de informática e comunicações
2700	Fabricação de máquinas e equipamentos elétricos	0325 + 0327	Eletrodomésticos e Material Eletrônico	Outros Eletroeletrônicos
2800	Fabricação de máquinas e equipamentos mecânicos	0324	Máquinas e Equipamentos, Inclusive Manutenção e Reparos	Máquinas e equipamentos
2991	Fabricação de automóveis, caminhões e ônibus, exceto peças	0330 + 0331	Automóveis, Camionetas, Caminhões e Ônibus	Veículos automotores e peças
2992	Fabricação de peças e acessórios para veículos automotores	0332	Peças e Acessórios para Veículos Automotores	Veículos automotores e peças
3000	Fabricação de outros equipamentos de transporte, exceto veículos automotores	0333	Outros Equipamentos de Transporte	Veículos automotores e peças
3180	Fabricação de móveis e de produtos de indústrias diversas	0334	Móveis e Produtos das Indústrias Diversas	Indústrias diversas
3300	Manutenção, reparação e instalação de máquinas e equipamentos	1101	Serviços de Manutenção e Reparação	Máquinas e equipamentos
3500	Energia elétrica, gás natural e outras utilidades	0401	Produção e Distribuição de Eletricidade, Gás, Água, Esgoto e Limpeza Urbana	Serviços Industriais de utilidade pública
3680	Água, esgoto e gestão de resíduos	0401	Produção e Distribuição de Eletricidade, Gás, Água, Esgoto e Limpeza Urbana	Serviços Industriais de utilidade pública
4180	Construção	0501	Construção Civil	Construção civil

Cód.	Descrição MIP (nível 67)	Correspondência	Descrição MAI (nível 49)	Final
4580	Comércio por atacado e varejo	0601	Comércio	Comércio
4900	Transporte terrestre	0701	Transporte, Armazenagem e Correio	Transporte e armazenagem
5000	Transporte aquaviário	0701	Transporte, Armazenagem e Correio	Transporte e armazenagem
5100	Transporte aéreo	0701	Transporte, Armazenagem e Correio	Transporte e armazenagem
5280	Armazenamento, atividades auxiliares dos transportes e correio	0701	Transporte, Armazenagem e Correio	Transporte e armazenagem
5500	Alojamento	1102	Serviços de Alojamento e Alimentação	Alojamento e alimentação
5600	Alimentação	1102	Serviços de Alojamento e Alimentação	Alojamento e alimentação
5800	Edição e edição integrada à impressão	0801	Serviços de Informação	Serviços de informação
5980	Atividades de televisão, rádio, cinema e gravação/edição de som e imagem	0801	Serviços de Informação	Serviços de informação
6100	Telecomunicações	0801	Serviços de Informação	Serviços de informação
6280	Desenvolvimento de sistemas e outros serviços de informação	0801	Serviços de Informação	Serviços de informação
6480	Intermediação financeira, seguros e previdência complementar	0901	Intermediação Financeira, Seguros e Previdência Complementar e Serviços Relacionados	Instituições financeiras e imobiliárias
6800	Atividades imobiliárias	1001	Atividades Imobiliárias e Aluguéis	Instituições financeiras e imobiliárias
6980	Atividades jurídicas, contábeis, consultoria e sedes de empresas	1103	Serviços Prestados às Empresas	Outros serviços
7180	Serviços de arquitetura, engenharia, testes/análises técnicas e P & D	1103	Serviços Prestados às Empresas	Outros serviços

Cód.	Descrição MIP (nível 67)	Correspondência	Descrição MAI (nível 49)	Final
7380	Outras atividades profissionais, científicas e técnicas	1103	Serviços Prestados às Empresas	Outros serviços
7700	Aluguéis não-imobiliários e gestão de ativos de propriedade intelectual	1103	Serviços Prestados às Empresas	Outros serviços
7880	Outras atividades administrativas e serviços complementares	1103	Serviços Prestados às Empresas	Outros serviços
8000	Atividades de vigilância, segurança e investigação	1103	Serviços Prestados às Empresas	Outros serviços
8400	Administração pública, defesa e seguridade social	1203	Administração Pública	Administração Pública
8591	Educação pública	1203	Administração Pública	Administração Pública
8592	Educação privada	1104	Educação Mercantil	Outros serviços
8691	Saúde pública	1203	Administração Pública	Administração Pública
8692	Saúde privada	1105	Saúde Mercantil	Outros serviços
9080	Atividades artísticas, criativas e de espetáculos	1106	Serviços Prestados às Famílias e Associativas	Outros serviços
9480	Organizações associativas e outros serviços pessoais	1106	Serviços Prestados às Famílias e Associativas	Outros serviços
9700	Serviços domésticos	1107	Serviços Domésticos	Outros serviços

Fonte: Elaboração própria com base na classificação das atividades MIPs (67x67) e MAIs (91x49) (Alves-Passoni; Freitas, 2023; Miguez, Thiago; Freitas, 2021).