

Uma visão sobre as TIC e a digitalização nas empresas portuguesas

João Amador
Banco de Portugal
Nova SBE

Cátia Silva
Oxford Economics

Outubro 2023

Resumo

As tecnologias de informação (TIC) e comunicação e a digitalização estão no centro da transformação tecnológica que tem ocorrido nas empresas de todo o mundo nas últimas três décadas. Estas são essencialmente tecnologias de uso geral, utilizadas em quase todos os setores de atividade e com um impacto positivo na produtividade e no crescimento. Dados os fortes efeitos e a generalização destas tecnologias, têm sido mobilizados elevados montantes de fundos públicos para construir infraestruturas e incentivar investimentos em TIC e digitalização por parte das empresas. Neste artigo apresentamos alguns factos sobre a adoção das TIC e da digitalização nas empresas portuguesas a um nível granular e também uma análise exploratória dos seus efeitos na produtividade, salários e intensidade exportadora. Concluímos que existe progresso e também forte heterogeneidade na adoção das TIC e na digitalização nas empresas portuguesas. Aquelas que utilizam estas tecnologias de forma mais intensa são também as que apresentam melhor desempenho. (JEL: O3, O4, J24)

1. Introdução

É generalizadamente aceite a ideia de que a tecnologia é um importante determinante do desempenho das empresas e da economia como um todo (Basu *et al.* (2022)). A tecnologia tem melhorado continuamente ao longo dos séculos e o seu progresso tem sido acelerado nas décadas mais recentes. Os avanços mais proeminentes estão relacionados com as tecnologias de informação e comunicação (TIC) e tecnologias ligadas à digitalização. O primeiro grupo de tecnologias consiste na utilização de computadores e internet para comunicar com clientes, fornecedores, liquidar transações e organizar processos produtivos internos. A digitalização é muito mais recente e envolve a utilização de robôs, impressão 3D, big data e computação em nuvem no processo produtivo. É evidente que a adoção das TIC constitui um pré-requisito para a utilização das novas tecnologias digitais.

Agradecimentos: Os autores agradecem a Nuno Alves, António Antunes, Joana Garcia, Pedro Duarte Neves, Ana Catarina Pimenta e Sharmin Sazedj pelos comentários e sugestões. As opiniões expressas são dos autores e não coincidem necessariamente com as do Banco de Portugal ou do Eurosistema.

E-mail: jamador@bportugal.pt; cscsilva@bportugal.pt

Embora o tema seja muito importante, a literatura sobre os impactos da adoção das TIC e da digitalização no desempenho das empresas ainda é limitada. Existem várias razões para este facto. Em primeiro lugar, a difusão de tecnologias é demorada e os impactos na produtividade só são plenamente visíveis após alguns anos. Isto é especialmente verdade no caso da digitalização, uma vez que apenas um número muito pequeno de empresas iniciou recentemente a sua utilização. Em segundo lugar, há poucos dados disponíveis ao nível da empresa. Esta literatura requer informações sobre a adoção de tecnologias ao nível da empresa, bem como conhecimento sobre as características das mesmas. Em terceiro lugar, dadas as limitações dos dados, é muito difícil ir além da análise de correlação com vista a estabelecer relações causais entre a adoção destas tecnologias e o desempenho das empresas.

No entanto, é importante assinalar algumas contribuições. No que diz respeito aos estudos que consideram vários países, Brodny e Tutak (2022) examina a digitalização de pequenas e médias empresas da UE27 para determinar a sua maturidade digital e como os parâmetros económicos de cada país afetam o processo. Os resultados mostram grandes diferenças em termos de digitalização das PME entre países da UE27 e entre os antigos (UE14) e os novos membros (UE13). O inquérito realizado anualmente pelo Banco Europeu de Investimento (BEI) a 12800 empresas de todos os países da UE e dos EUA também revela estas diferenças (European Investment Bank (2023)). Por seu turno, Zolas *et al.* (2020) oferece uma visão semelhante, mas com foco na adoção e uso de tecnologias avançadas, incluindo inteligência artificial, computação em nuvem, robótica e digitalização da informações de negócios, para uma grande amostra de empresas dos EUA. Os autores concluem que a digitalização está bastante difundida, mas a adoção de tecnologias avançadas é rara e geralmente enviesada para empresas maiores e mais velhas.

A literatura sobre a adoção das TIC e da digitalização pelas empresas portuguesas também é interessante. Exemplos destes estudos são Barbosa e Faria (2022), que realiza estimações sobre toda a distribuição da produtividade das empresas e constata que as diferentes tecnologias digitais afetam de forma distinta a dinâmica da produtividade e a convergência para a fronteira, e Candeias *et al.* (2022) que estuda a implicações da automação na produtividade e no emprego no setor automóvel, concluindo que ela aumenta a produtividade nas empresas e não substitui trabalhadores, mas altera a organização do trabalho. Barros (2021) apresenta uma análise abrangente da área digital em Portugal, incluindo empresas e temas como a adoção digital, comércio eletrónico, inovação, inteligência artificial, cibersegurança e competências, ao mesmo tempo que estabelece comparações com outros países. Os desafios apontados para Portugal neste estudo são as competências e a literacia digital; a desigualdade digital em termos geográficos, nas dimensões de género, idade, nível de literacia e rendimento; o futuro do teletrabalho; cibersegurança e privacidade; e investimento em inovação e desenvolvimento. Além disso, são também estabelecidas ligações com o Plano de Recuperação e Resiliência (PRR) português. Numa linha diferente, Cortes *et al.* (2022) discute a transição digital no PRR português, apresentando a sua estrutura de governação, as diferentes iniciativas, como é monitorizada a sua execução e que informação está disponível ao público em geral.

A literatura sobre os impactos causais da adoção das TIC e da digitalização no desempenho das empresas também é muito limitada. Um desses estudos é Abramovsky e Griffith (2006), que considera o impacto das TIC nas decisões de localização das atividades das empresas e na escolha entre produzir serviços internamente ou fazer *outsourcing* e *offshoring* dos mesmos. O artigo utiliza variáveis instrumentais e explora a variabilidade dentro da indústria e ao nível da empresa, em estabelecimentos do Reino Unido. Outra contribuição é Gilbert *et al.* (2020), que avalia o impacto das TIC e da digitalização na produtividade e no peso do fator trabalho para uma amostra de empresas industriais francesas, utilizando uma variável instrumental do tipo *leave-one-out*. Na mesma linha, Amador e Silva (2023) estuda o impacto da adoção das TIC na produtividade das empresas portuguesas. Adicionalmente, Almeida e Sequeira (2023) utiliza um painel de dados das empresas portuguesas para estudar o impacto dos robôs, software, TIC e capital físico sobre a produtividade, através de efeitos fixos numa regressão de quantis e de um modelo com variáveis instrumentais. Além disso, Borowiecki *et al.* (2021) analisa o papel dos intangíveis e da adoção de tecnologias digitais na produtividade ao nível da empresa nos Países Baixos, com base em dados de painel das empresas holandesas. O artigo utiliza uma abordagem de variáveis instrumentais, como em Gal *et al.* (2019).

Quanto às implicações para o mercado de trabalho, Fundo Monetário Internacional (2023) começa por definir emprego não digital como trabalhadores dos serviços e do comércio, trabalhadores qualificados da agricultura, floresta e pesca, trabalhadores artesanais e relacionados, operadores de instalações e máquinas e montadores, bem como todos os trabalhadores das ocupações elementares. Com base nesta classificação do emprego, o estudo conclui que a percentagem de empregos em profissões digitais registou um aumento mais acentuado em Portugal durante a pandemia de COVID-19 em comparação com a área do euro. Além disso, o choque da pandemia de COVID-19 é utilizado para avaliar o impacto causal utilizando uma regressão para 29 países europeus e para os EUA. A análise dos coeficientes da regressão fornece alguma evidência de que o emprego digital foi protegido durante a pandemia.

Neste artigo analisamos a adoção das TIC e da digitalização pelas empresas portuguesas. Em primeiro lugar, documentamos a distribuição destas tecnologias de acordo com as características das empresas. Em segundo lugar, verificamos se as empresas que adotam estas tecnologias de forma mais intensiva são também as que apresentam melhor desempenho. Finalmente, damos alguns passos no sentido de avaliar o impacto causal da adoção de um conjunto de tecnologias TIC na produtividade, nos salários e na intensidade exportadora. Tal exercício não pode ser implementado para a digitalização porque o número de anos disponíveis na base de dados para este tipo de tecnologias é muito reduzido.

O artigo seleciona um conjunto de tecnologias importantes que é separado em dois grupos. Quanto às TIC consideramos: existência de PC na empresa, ligação à Internet, website, pessoal TIC, compras online e vendas online. Quanto à dimensão da digitalização consideramos a existência de robôs, impressão 3D, computação em nuvem e big data.

Alguns resultados merecem destaque. Como esperado, observamos um progresso geral na adoção de ambos os tipos de tecnologias e fortes diferenças entre sectores. Há também evidência de concentração destas tecnologias nas empresas maiores em termos de volume de negócios ou emprego. O artigo conclui que as empresas que utilizam as TIC de forma mais intensiva são também mais produtivas, pagam salários mais elevados e exportam uma maior proporção das vendas. Quando se trata da adoção de tecnologias digitais, estes resultados mantêm-se, mas são mais ténues. Considerando ambos os tipos de tecnologias, a sua adoção parece estar associada a rácios mais elevados de investimento em intangíveis sobre vendas e investimento total. A evidência causal dos impactos da adoção de um conjunto de elementos das TIC não é forte, embora aponte para efeitos positivos na produtividade por trabalhador e nos salários.

O artigo está organizado da seguinte forma. A próxima secção compara a intensidade da adoção das TIC e das tecnologias digitais em Portugal com a de outros países. A secção 3 apresenta as duas bases de dados com informação ao nível de empresa que são combinadas e utilizadas no artigo. A secção 4 apresenta os resultados e está organizada em quatro subsecções. A subsecção 4.1 apresenta evidência sobre a distribuição das TIC e da digitalização nas dimensões setorial e temporal, a subsecção 4.2 examina a concentração das tecnologias em função da dimensão das empresas e a correlação entre pares de tecnologias, a subsecção 4.3 examina a distribuição de produtividade, salários e intensidade exportadora para empresas com níveis altos e baixos de TIC e de digitalização. A subsecção 4.4 apresenta um exercício semelhante, mas focado no investimento em intangíveis. A secção 5 dá um passo além e utiliza um método de diferenças em diferenças sobrepostas para avaliar o impacto no desempenho das empresas da adoção simultânea de um bloco de tecnologias TIC. A secção 6 apresenta algumas observações finais.

2. Comparação internacional

Nesta secção enquadrámos a situação das empresas portuguesas no contexto internacional. No entanto, as comparações internacionais da adoção das TIC e digitalização pelas empresas são difíceis. A necessidade de garantir a comparabilidade entre países e ao mesmo tempo abranger as diferentes dimensões destas tecnologias, exige a utilização de índices calculados por organizações internacionais. Um deles é o *Índice de Adoção Digital* publicado pelo Banco Mundial (World Bank (2016)). É um índice internacional que mede a adoção de tecnologias digitais por parte dos países em três dimensões da economia: pessoas, governo e empresas. O índice abrange 180 países, varia entre 0 e 1 e o ano mais recente disponível é 2016. A figura 1 apresenta a distribuição do sub-índice para as empresas, que compreende as tecnologias necessárias para estas promovam o desenvolvimento na era digital, considerando os 183 países da base de dados e sinalizando a posição de Portugal. O país ocupa o 38º lugar, é o 20º entre os países da UE27 e apresenta um índice de 0,75 em 2016 (0,82 para a UE27).

Outro índice importante é publicado pelo BEI (European Investment Bank (2023)). O *Índice de Digitalização Empresarial* baseia-se em dados ao nível da empresa recolhidos

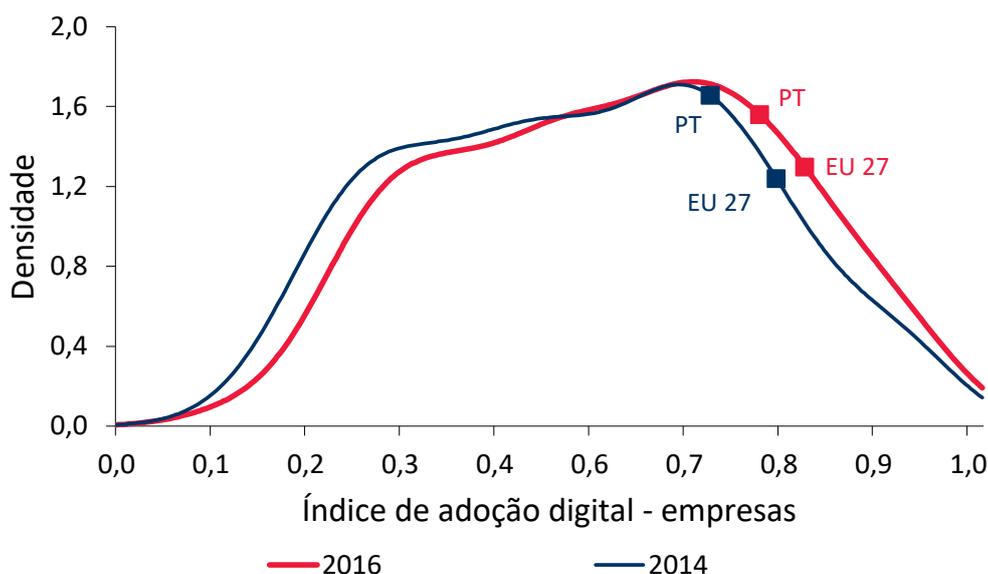


GRÁFICO 1: Índice de adoção digital - Empresas

Fonte: Banco Mundial.

no Inquérito ao Investimento do BEI e compreende seis componentes: adoção de tecnologias digitais avançadas, infraestruturas digitais, investimento em software e dados, investimento em formação, utilização de um sistema de monitorização estratégica e adoção da digitalização durante a COVID-19. No que diz respeito à adoção de tecnologias digitais avançadas, que é provavelmente a dimensão mais informativa, as empresas industriais são inquiridas sobre a utilização da impressão 3D, robótica, internet das coisas e tecnologias de big data/inteligência artificial, enquanto as empresas do setor dos serviços também são inquiridas sobre o uso de realidade virtual e plataformas que conectam clientes com empresas ou clientes com outros clientes. A figura 2 apresenta a percentagem de empresas que utilizam tecnologias digitais avançadas nos países da UE e nos EUA em 2022. De acordo com o inquérito, em Portugal a percentagem de empresas que utilizam tecnologias digitais avançadas foi de 64 por cento, o que compara com 69 por cento na UE e 71 por cento nos EUA.

Uma terceira fonte de comparações internacionais é o *Índice de Intensidade Digital* publicado pelo Eurostat, derivado do inquérito sobre a utilização das TIC e do comércio eletrónico nas empresas. O índice descreve até que ponto as empresas da UE utilizam diferentes tecnologias e foi calculado pela primeira vez em 2015. O índice baseia-se em 12 variáveis, cada uma delas com uma pontuação unitária, e define quatro níveis de intensidade digital para cada empresa: muito baixo (entre 0 e 3 pontos), baixo (entre 4 e 6 pontos), alto (entre 7 e 9 pontos) e muito alto (entre 10 e 12 pontos). A figura 3 apresenta a repartição das empresas pelas quatro categorias de intensidade digital para cada país da UE em 2022, considerando empresas com 10 ou mais pessoas empregadas e todas as atividades económicas exceto o setor financeiro. Os resultados mostram grandes diferenças entre os países da UE e a repartição em Portugal é próxima da que se observa

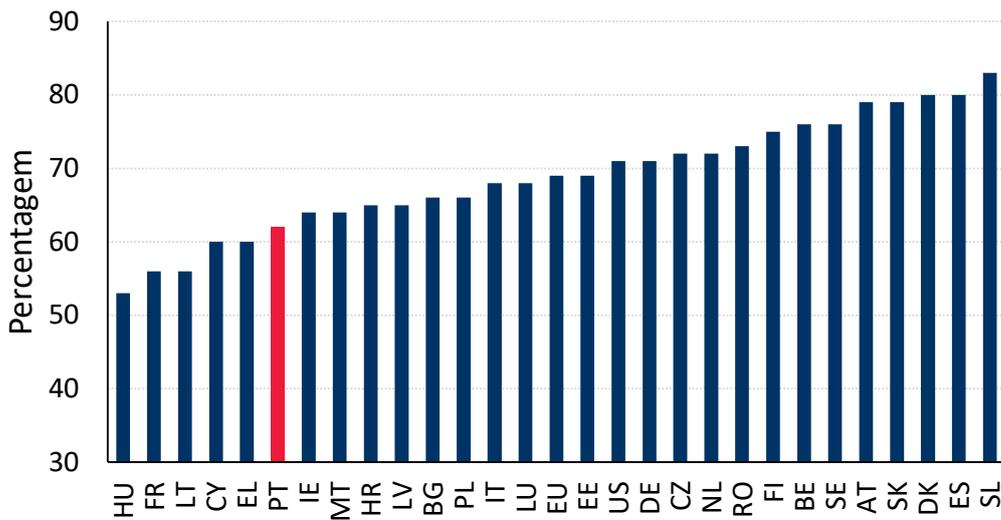


GRÁFICO 2: Proporção de empresas que utilizam tecnologias digitais avançadas

Fonte: Inquérito ao investimento do BEI 2022.

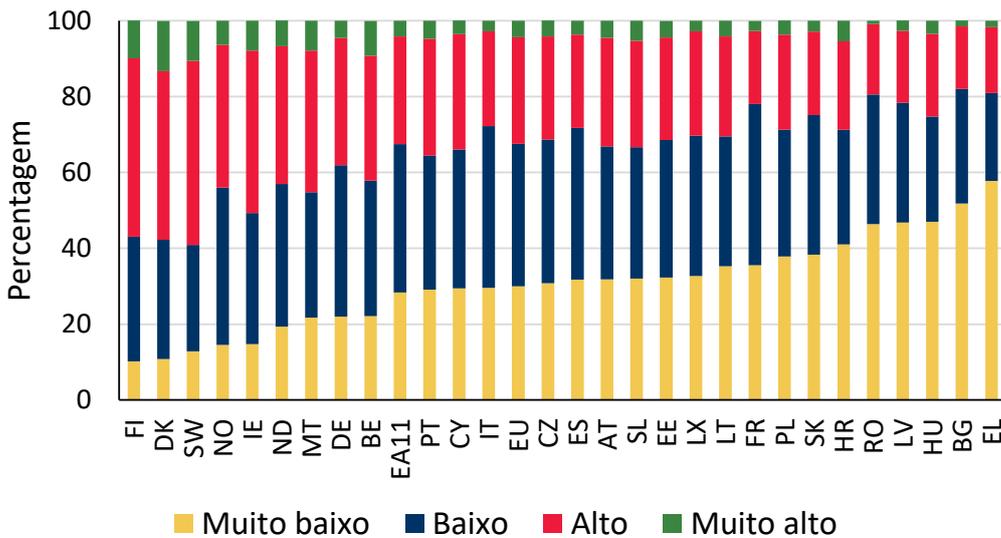


GRÁFICO 3: Índice de intensidade digital

Fonte: Eurostat. A amostra inclui empresas com pelo menos 10 trabalhadores ou trabalhadores por conta própria. Dados para 2022.

na área do euro. A percentagem de empresas portuguesas com intensidade digital muito baixa, baixa, alta e muito alta foi de 29,1, 35,4, 30,8 e 4,7 por cento, respetivamente.

Ao considerar índices alternativos obtemos uma avaliação mais robusta da realidade. Em geral, as empresas portuguesas parecem estar colocadas numa posição intermédia em termos de adoção das TIC e da digitalização no contexto da UE, mas a sua posição relativa está inclinada para a aba inferior da distribuição quando se trata da adoção de tecnologias digitais mais avançadas.

3. Base de dados

Neste artigo utilizamos dados ao nível da empresa para avaliar a adoção de TIC e tecnologias digitais pelas empresas portuguesas e os possíveis impactos na produtividade, nos salários e na intensidade exportadora. Para este propósito, integramos dois conjuntos muito ricos de dados. O primeiro conjunto contém as respostas das empresas ao “*Inquérito à Utilização das Tecnologias de Informação e Comunicação nas Empresas*” (IUTICE), um inquérito realizado pelo Instituto Nacional de Estatística. Esta operação estatística é realizada anualmente no âmbito da legislação da UE (Regulamento CE n.º 808/2004), que estabelece um conjunto de diretrizes de harmonização, garantindo assim a disponibilidade de resultados estatísticos comparáveis entre os Estados membros. Este é o conjunto de dados subjacente ao cálculo das estatísticas de digitalização pelo Eurostat, tais como o *Índice de Intensidade Digital* reportado na figura 3. O IUTICE foi iniciado em 2003 apresenta informação até 2020. O conjunto de empresas inquiridas não é constante e o tamanho da amostra tem mudado ao longo dos anos, com um aumento assinalável a partir de 2010, o que melhorou a sua representatividade. O conjunto de questões colocadas às empresas mudou substancialmente ao longo dos diferentes inquéritos. Inicialmente, as perguntas incluíam disponibilidade de PC na empresa, ligação à Internet, website, pagamentos online, vendas online, pessoal de TIC e formação em TIC. Nas suas últimas edições, algumas dimensões básicas das TIC, como ter um PC ou acesso à Internet, foram abandonadas e o inquérito acrescentou questões sobre a existência de robôs, impressão 3D ou a utilização de big data e computação em nuvem.

O segundo conjunto de informação é o “*Sistema de contas integradas das empresas*”, também compilado pelo INE. Esta base de dados baseia-se no reporte legal obrigatório das empresas portuguesas ao INE, à administração fiscal, ao Banco de Portugal e ao Ministério da Justiça. Abrange praticamente todo o universo das empresas portuguesas, incluindo as os empresários por conta própria. Esta base de dados contém um grande número de variáveis do balanço e da demonstração de resultados, que permitem avaliar a heterogeneidade das empresas, calcular a produtividade do trabalho (VAB por trabalhador) e a produtividade total dos fatores (PTF). A conjugação dos dois conjuntos de dados é simples, uma vez que existe um identificador de empresa comum.

4. Distribuições e correlações

Nesta secção analisamos a distribuição de cada uma das TIC e das tecnologias digitais em 2010 e 2018 por sectores de atividade e dimensão das empresas. Note-se que, embora pudéssemos utilizar dados posteriores a 2018, optamos por não o fazer para evitar possíveis problemas decorrentes da pandemia de COVID-19 e, sobretudo, porque o inquérito de 2018 questiona simultaneamente acerca das novas tecnologias digitais e das TIC mais antigas. Adicionalmente, procuramos identificar evidência de complementaridade na adoção de pares de tecnologias individuais. Em seguida, damos um passo adiante e comparamos o desempenho das empresas com alta e baixa adoção de TIC e tecnologias digitais.

4.1. Setor e dimensão da empresa

O número de empresas inquiridas em cada edição do IUTICE é diferente e o conjunto das que respondem muda ao longo do tempo. O número de empresas inquiridas aumentou de 1282 em 2004 para 5383 em 2020, e quase duplicou de 2009 (2230 empresas) para 2010 (4355 empresas). Para garantir a representatividade da amostra, a cada empresa é associado um conjunto de pesos que permitem extrapolar para o universo. Estes pesos existem para três dimensões: número de empresas, volume de negócios e número de empregados. Contudo, quando o número de empresas que respondem ao inquérito num determinado sector é muito reduzido não é viável extrapolar os resultados sectoriais.

A figura 4 apresenta a média, mediana, P25 e P75 da distribuição do número de TIC e tecnologias digitais adotadas em cada empresa. Dado o conjunto de tecnologias consideradas no artigo, existe um máximo de 6 e 4 nas dimensões TIC e digital, respetivamente. Os resultados mostram que a adoção destas tecnologias é muito menor na dimensão digital (mediana de zero) do que na dimensão das TIC (mediana de 2).

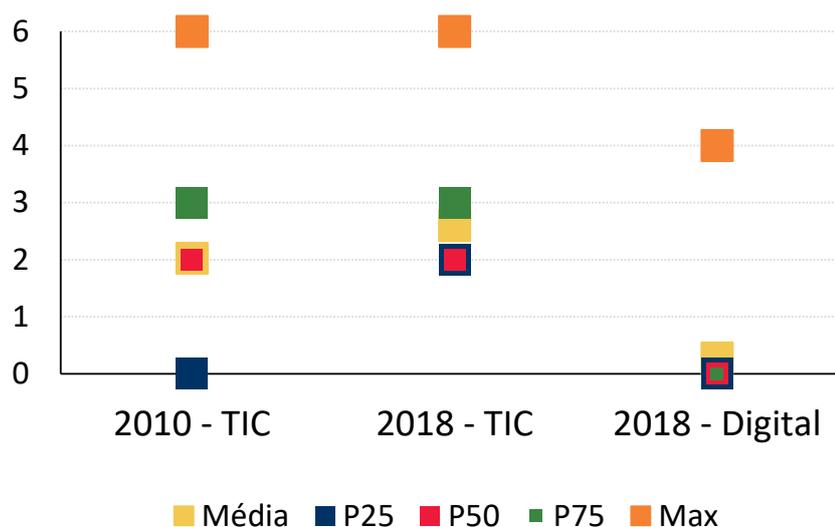


GRÁFICO 4: Número de tecnologias adotadas

Nota: TIC (PC; internet; website; vendas online; compras online), digital (robôs; nuvem; big data; impressão 3D). As questões relativas à adoção das tecnologias digitais começam apenas no inquérito de 2018.

O Quadro 1 apresenta a percentagem de empresas que adotaram cada TIC e cada tecnologia digital em 2010 e 2018 em cada um dos setores de atividade que correspondem à classificação a 1 dígito da NACE. Como esperado, os PCs e as ligações à Internet estão presentes na grande maioria das empresas de todos os setores, observando-se um aumento de 2010 para 2018. A existência de um website também é bastante forte, com percentagens próximas de 40 por cento na Indústria e Comércio por grosso e a retalho em 2018, cerca de 25 por cento na Construção e Transportes e 75 por cento na Informação e comunicação. As compras online são mais prevaletentes do

	PC		Internet		Website		Vendas online		Compras online		Pessoal TIC	
	2010	2018	2010	2018	2010	2018	2010	2018	2010	2018	2010	2018
Extrativa	76,1	-	61,2	-	17,9	-	11,7	-	12,2	-	5,7	-
Transformadora	78,9	95,4	69,8	92,4	28,3	42,0	13,7	5,7	16,0	19,7	12,9	9,7
Eletricidade & gás	69,0	84,7	38,9	81,4	35,2	48,0	-	6,1	31,1	16,3	7,0	22,7
Água	-	-	88,2	-	43,7	79,2	5,4	15,6	10,8	29,7	16,4	19,8
Construção	7-	87,6	63,5	85,5	17,0	28,1	4,8	2,3	12,0	13,8	10,3	4,4
Comércio	75,9	96,0	63,2	92,7	24,5	40,6	13,5	11,5	22,3	26,0	9,3	9,6
Transportes	46,2	79,3	42,6	76,5	15,9	23,9	6,3	7,1	4,8	12,1	9,9	5,0
Alojamento	43,2	84,5	31,3	68,8	15,6	31,7	3,9	12,8	6,2	11,6	3,8	4,8
Informação & com.	97,5	96,9	97,0	96,6	72,1	73,4	24,9	19,3	45,3	45,9	54,5	61,6
Imobiliário	76,6	86,0	73,0	82,2	42,1	37,7	7,8	7,7	11,9	17,3	11,3	3,8
Consult. & ciência	96,4	99,3	95,3	98,7	33,4	47,4	12,6	8,6	25,1	28,0	22,3	15,4
Act. administrativas	88,0	98,4	84,4	95,8	50,7	55,4	15,2	14,4	22,1	23,9	10,6	11,5
Outros serviços	97,8	97,3	68,6	97,3	47,5	72,0	29,8	20,5	52,5	73,1	50,3	72,3

QUADRO 1. Proporção de empresas que adotam tecnologias TIC nos setores (2010 e 2018): pesos para o número de empresas

Nota: Os setores da Agricultura, Educação, Saúde & serviços sociais e Artes & desporto não são apresentados devido ao reduzido número de empresas na amostra.

que as vendas online em todos os setores, exceto no Alojamento. Esta última tecnologia está presente menos de 20 por cento das empresas em qualquer sector de atividade. A existência de pessoal de TIC na empresa também não é predominante nos diversos sectores, embora seja cerca de 60 por cento nas atividades de Informação e comunicação.

Os quadros 2 e 3 replicam o exercício anterior utilizando os pesos correspondentes ao volume de negócios e ao número de empregados, respetivamente. As alterações nos resultados decorrem da heterogeneidade em termos de volume de negócios e intensidade na utilização do fator trabalho nas empresas de cada sector. Os resultados mostram que as maiores empresas são também as que adotam as TIC e as tecnologias digitais. A percentagem correspondente à existência de PC e Internet aumenta para valores acima de 90 por cento. Nas outras tecnologias, a percentagem de empresas adotantes também aumenta nos diferentes sectores. As vendas online continuam a ser uma tecnologia menos comum, com a percentagem de empresas adotantes na Construção a ser apenas 6,6 e 5,2 por cento em termos de volume de negócios e emprego, respetivamente.

O Quadro 4 apresenta resultados paralelos aos dos três quadros anteriores, mas selecionando as quatro tecnologias digitais estudadas: robôs, computação na nuvem, big data e impressão 3D. O menor número de tecnologias e o facto de a informação estar disponível apenas para 2018 permitem apresentar os resultados num único quadro.

Os resultados mostram que os robôs são claramente mais prevalentes no setor industrial e nas maiores empresas em termos de volume de negócios e emprego. Quando ponderamos as empresas de acordo com estas variáveis, os robôs tornam-se mais prevalentes no setor dos Transportes. Sem surpresa, no caso da computação na nuvem a maior prevalência encontra-se nas atividades de Informação e comunicação. As percentagens de adoção noutros setores também são mais elevadas quando as empresas

	PC		Internet		Website		Vendas online		Compras online		Pessoal TIC	
	2010	2018	2010	2018	2010	2018	2010	2018	2010	2018	2010	2018
Extrativa	97,1	-	92,8	-	62,6	-	7,7	-	54,4	-	52,5	-
Transformadora	98,9	99,8	98,3	99,6	81,7	87,6	35,7	21,0	35,3	45,0	62,8	58,2
Eletricidade & gás	97,8	99,2	95,5	99,1	93,6	97,9	-	56,8	27,7	80,3	53,4	51,8
Água	-	-	99,7	-	85,6	92,1	12,5	7,9	28,6	47,1	49,3	57,9
Construção	93,8	97,0	92,8	96,6	64,2	71,4	11,6	6,6	31,4	35,5	35,2	36,4
Comércio	96,5	99,6	94,5	99,1	70,5	81,6	34,5	32,6	50,0	56,0	45,6	46,2
Transportes	94,4	99,5	94,0	99,3	76,9	90,7	33,6	47,3	50,0	53,4	59,7	52,0
Alojamento	78,5	95,9	69,7	91,0	51,1	72,6	23,2	37,8	30,1	42,4	26,1	31,6
Informação & com.	99,3	99,9	99,3	99,9	95,8	97,5	44,6	57,0	76,6	81,2	86,9	90,4
Imobiliário	78,8	94,2	77,2	91,1	56,6	60,1	6,0	9,7	18,1	26,9	27,2	15,5
Consult. & ciência	99,6	99,5	99,6	99,4	75,8	84,3	18,4	14,8	39,2	47,6	56,1	50,2
Act. administrativas	99,3	99,9	99,2	99,7	88,6	89,8	37,2	29,8	48,9	53,0	49,1	57,4
Outros serviços	99,9	99,8	97,9	99,8	92,5	91,3	43,7	24,0	81,8	77,8	86,6	81,1

QUADRO 2. Proporção de empresas que adotam tecnologias TIC nos setores (2010 e 2018): pesos para o volume de negócios

Nota: Os setores da Agricultura, Educação, Saúde & serviços sociais e Artes & desporto não são apresentados devido ao reduzido número de empresas na amostra.

	PC		Internet		Website		Vendas online		Compras online		Pessoal TIC	
	2010	2018	2010	2018	2010	2018	2010	2018	2010	2018	2010	2018
Extrativa	90,1	-	81,9	-	45,0	-	13,4	-	33,5	-	23,9	-
Transformadora	95,2	99,3	92,8	98,4	62,0	74,9	29,1	11,6	31,2	38,9	40,8	43,8
Eletricidade & gás	98,0	99,4	95,2	99,2	95,0	96,9	-	32,2	38,5	87,9	70,4	70,4
Água	-	-	98,3	-	90,8	95,6	8,3	12,6	27,4	51,8	55,8	66,0
Construção	89,9	96,2	86,8	95,3	45,8	57,1	10,8	5,2	26,5	26,9	25,0	23,8
Comércio	91,9	99,2	87,0	98,4	60,9	74,2	29,3	32,7	45,7	52,0	33,7	34,0
Transportes	89,5	97,4	89,0	96,8	67,1	78,8	29,9	38,2	35,5	39,2	51,8	46,8
Alojamento	75,8	94,6	64,5	89,0	45,7	67,1	17,9	29,9	28,4	38,2	22,3	24,4
Informação e & com.	99,6	99,6	99,3	99,6	93,1	96,4	41,8	40,3	60,5	67,6	79,2	90,3
Imobiliário	87,0	93,8	85,2	91,8	62,7	64,7	8,1	19,3	22,3	24,1	24,9	17,0
Consult. & ciência	99,3	99,9	99,0	99,6	61,9	79,2	13,0	14,9	32,8	46,7	43,1	49,2
Act. administrativas	99,3	99,9	98,9	99,8	85,4	94,5	24,3	8,7	40,0	58,2	36,0	56,6
Outros serviços	99,7	99,6	90,6	99,6	83,2	89,4	28,4	17,4	86,3	73,7	78,2	74,7

QUADRO 3. Proporção de empresas que adotam tecnologias TIC nos setores (2010 e 2018): pesos para o número de trabalhadores

Nota: Os setores da Agricultura, Educação, Saúde & serviços sociais e Artes & desporto não são apresentados devido ao reduzido número de empresas na amostra.

são ponderadas de acordo com o volume de negócios e o número de empregados, confirmando que as maiores empresas são as principais utilizadoras desta tecnologia digital. Quanto à utilização de *big data*, os resultados são qualitativamente semelhantes aos apresentados para a computação na nuvem. Finalmente, no que diz respeito à impressão 3D, a percentagem de empresas que a adotam é muito pequena. É uma tecnologia relevante apenas na indústria transformadora, principalmente, quando as

empresas são ponderadas de acordo com a sua dimensão, e em menor grau, no setores da Consultoria e ciência e Outros serviços.

	Número				Volume de negócios				Emprego			
	Robôs	Nuvem	Big data	Imp. 3D	Robôs	Nuvem	Big data	Imp. 3D	Robôs	Nuvem	Big data	Imp. 3D
	2018	2018	2018	2018	2018	2018	2018	2018	2018	2018	2018	2018
Extrativa	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Transformadora	11,1	13,1	7,0	5,2	48,3	48,4	37,4	15,3	33,9	32,1	20,5	11,6
Eletricidade & gás	4,5	12,0	19,7	-	1,1	82,6	64,0	-	10,4	63,3	78,4	-
Água	5,9	36,0	20,3	2,4	14,1	59,0	36,5	1,0	16,5	71,6	50,1	1,4
Construção	3,1	9,7	5,9	1,7	17,0	38,6	21,0	1,7	10,8	29,6	13,1	2,1
Comércio	1,6	13,1	6,7	1,3	5,2	45,9	25,8	3,8	4,0	43,5	24,6	2,7
Transportes	1,7	11,6	13,4	0,5	23,3	65,2	44,8	0,3	20,6	44,9	39,2	0,6
Alojamento	1,0	7,9	5,7	0,8	1,0	33,6	17,4	1,9	1,1	27,9	13,2	1,7
Informação & com.	1,0	48,8	18,7	3,1	0,5	72,7	64,0	2,6	0,8	73,2	45,5	2,9
Imobiliário	0,6	12,8	6,1	3,0	0,4	26,6	15,2	2,2	0,2	27,6	13,0	2,9
Consult. & ciência	0,7	27,9	9,6	3,7	1,2	45,5	17,3	8,0	1,0	50,5	17,0	6,2
Act. administrativas	1,2	24,6	7,5	2,9	1,2	54,0	27,9	2,9	2,2	60,3	35,5	1,2
Outros serviços	2,3	43,2	11,2	3,5	24,8	63,1	19,0	8,4	19,3	58,8	14,1	8,7

QUADRO 4. Proporção de empresas que adota tecnologias digitais nos setores (2018)

Nota: Os setores da Agricultura, Educação, Saúde & serviços sociais e Artes & desporto não são apresentados devido ao reduzido número de empresas na amostra.

Os Quadros A.1 a A.4 no Anexo A apresentam a distribuição das TIC e das tecnologias digitais entre sectores da economia e não em cada sector tomado individualmente. Os resultados são mais robustos quanto mais forte for a representatividade da amostra em termos sectoriais. Sem surpresa, os setores mais relevantes da economia são também aqueles com maior prevalência de empresas que adotam estas tecnologias.

4.2. Concentração e complementaridade das tecnologias

Na subsecção anterior documentou-se facto de as grandes empresas serem mais propensas a adotar as TIC e tecnologias digitais. Outra forma de abordar esta questão é analisar a concentração de empresas adotantes na aba superior da distribuição da dimensão. O Quadro 5 apresenta a parcela das empresas que adotam cada tecnologia em diferentes segmentos da distribuição do volume de vendas e do número de trabalhadores, com intervalos mais estreitos no topo. Os resultados mostram que as empresas nos segmentos superiores representam parcelas proporcionalmente maiores de adotantes de TIC e de digitalização. Este facto é mais forte nas tecnologias digitais do que nas TIC e mais forte na distribuição do emprego do que na distribuição do volume de vendas.

Outra questão importante é a complementaridade das tecnologias seleccionadas. O Quadro 6 apresenta os coeficientes de correlação para pares de tecnologias em 2018, destacando a escuro os valores acima de 0,3. Considerar 2018 é particularmente adequado porque é o ano em que o inquérito questiona simultaneamente existência de TIC e de tecnologias digitais. Os casos mais salientes de complementaridade são os

pares PC-internet, website-nuvem, pessoal de TIC-nuvem e pessoal de TIC-website. A adoção de tecnologias de impressão 3D juntamente com outras dimensões das TIC e da digitalização é relativamente baixa, com a exceção assinalável dos robôs.

VARIÁVEIS	PC	Internet	Website	Compras online	Vendas online	TIC staff	Robôs	Nuvem	Big data	Impressão 3D
Volume de negócios										
[0 – 50[	0,49	0,48	0,37	0,40	0,41	0,36	0,32	0,37	0,39	0,39
[50 – 75[	0,29	0,29	0,31	0,28	0,26	0,27	0,33	0,33	0,27	0,28
[75 – 90[	0,13	0,13	0,17	0,18	0,18	0,20	0,16	0,15	0,17	0,17
[90 – 95[	0,04	0,05	0,07	0,06	0,06	0,08	0,11	0,07	0,09	0,15
> 95	0,05	0,05	0,08	0,08	0,09	0,09	0,08	0,09	0,08	0,01
Total	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Emprego										
[0 – 50[	0,24	0,24	0,20	0,24	0,24	0,24	0,15	0,22	0,21	0,19
[50 – 75[	0,33	0,33	0,26	0,28	0,26	0,24	0,25	0,27	0,28	0,23
[75 – 90[	0,27	0,28	0,31	0,28	0,28	0,29	0,30	0,31	0,29	0,40
[90 – 95[	0,10	0,10	0,14	0,13	0,12	0,13	0,20	0,12	0,11	0,13
> 95	0,05	0,05	0,09	0,08	0,09	0,11	0,11	0,09	0,12	0,05
Total	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

QUADRO 5. Distribuição das empresas que adotam tecnologias de acordo com a sua posição na distribuição do volume de negócios e do emprego (2018)

VARIÁVEIS	PC	Internet	Website	Compras online	Vendas online	Pessoal TIC	Robôs	Nuvem	Big data	Impressão 3D
PC	1,00									
Internet	0,78	1,00								
Website	0,28	0,36	1,00							
Compras online	0,16	0,20	0,34	1,00						
Vendas online	0,10	0,12	0,34	0,25	1,00					
Pessoal TIC	0,15	0,18	0,42	0,34	0,23	1,00				
Robôs	0,07	0,09	0,17	0,14	0,02	0,24	1,00			
Nuvem	0,14	0,18	0,40	0,33	0,21	0,41	0,12	1,00		
Big data	0,09	0,11	0,26	0,23	0,20	0,28	0,15	0,28	1,00	
Impressão 3D	0,05	0,06	0,12	0,12	0,03	0,12	0,23	0,08	0,11	1,00

QUADRO 6. Matrizes de correlação da adoção de tecnologia (2018)

Nota: As células assinaladas correspondem a correlações superiores a 0.3 e as células em itálico correspondem a correlações não significativas a 1 por cento.

4.3. Produtividade, salários e exportações

Nesta subsecção avaliamos o desempenho das empresas com alta e baixa adoção das TIC e das tecnologias digitais, comparando as suas distribuições para a produtividade total dos fatores, logaritmo da produtividade do trabalho, logaritmo dos salários e rácio das exportações sobre o volume de negócios total (intensidade exportadora). Esta é uma abordagem puramente descritiva que não controla outras dimensões de heterogeneidade, mas pode trazer informação útil.

Em primeiro lugar, utilizamos uma análise de componentes principais para obter separadamente proxies que resumem as realidades de TIC e da digitalização ao nível

da empresa. Este exercício reduz a dimensionalidade destes dois conjuntos de dados e a primeira componente principal - aquela com maior poder explicativo - pode ser utilizada para classificar as empresas de acordo com o seu grau de adoção tecnológica. O primeiro componente principal obtido a partir do conjunto de seis TIC explica 39.9 por cento da variabilidade total entre empresas (o segundo explica 23.2 por cento) e o primeiro componente principal para as quatro tecnologias digitais explica 40.2 por cento (o segundo explica 24.6 por cento). Definimos empresas com uma componente principal acima ou igual à mediana da distribuição como aquelas com alta adoção de tecnologia e aquelas abaixo da mediana como tendo uma baixa adoção.

Em segundo lugar, utilizamos a base de dados para obter as variáveis de desempenho, calculando a produtividade total dos fatores (PTF) ao nível da empresa de acordo com a metodologia proposta por Levinsohn e Petrin (2003). Uma questão importante nesta abordagem é a correlação entre choques de produtividade não observáveis e níveis de fatores de produção, o que leva a estimativas enviesadas. Para ter em conta estes choques não observáveis, o método utiliza uma variável *proxy* no processo de estimação. Embora Wooldridge (2009) e Akerberg *et al.* (2006) tenham posteriormente sugerido melhorias neste procedimento, os fundamentos permaneceram inalterados. O procedimento foi implementado utilizando o comando “*prodest*” do STATA, que estima as funções de produção usando uma abordagem de função de controlo. O procedimento requer o logaritmo da produção bruta – no nosso caso, o logaritmo do VAB, a preços de mercado – um conjunto de variáveis livres – normalmente o logaritmo do trabalho – um conjunto de variáveis de estado – o logaritmo do capital – e por último, um conjunto de variáveis proxy – que, no nosso caso, é o custo dos produtos vendidos. O stock de capital corresponde ao total do ativo imobilizado da empresa, conforme reportado no balanço. A inclusão de salários e intensidades exportadora como variáveis de desempenho em conexão com a adoção das TIC e da digitalização está relacionada com a literatura através das contribuições de Acemoglu e Restrepo (2020), Acemoglu e Restrepo (2019) e Wang e Li (2017).

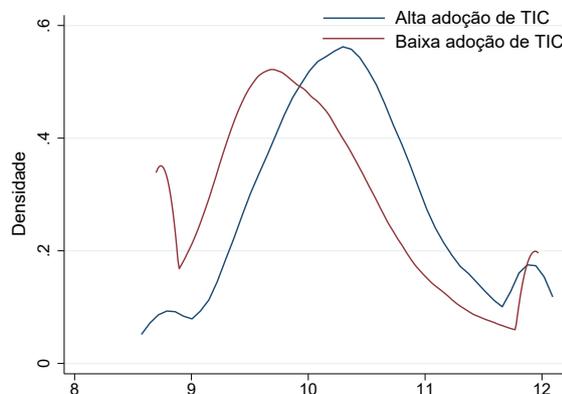
Os quatro painéis da figura 5 comparam as distribuições do kernel de cada variável de desempenho para altos e baixos níveis de adoção de TIC e tecnologias digitais. Os painéis a) e b) mostram que as empresas com elevada adoção destas tecnologias apresentam níveis mais elevados de PTF e de produtividade do trabalho. Quanto ao logaritmo dos salários, a distribuição das empresas que adotam estas tecnologias surge deslocada para a direita, o que é compatível com níveis de produtividade mais elevados. Por fim, quanto à intensidade exportadora, a distribuição apresenta a conhecida forma bimodal, com maior densidade para rácios baixos e altos. A distribuição das empresas identificadas como tendo maior adoção de TIC apresenta uma forma semelhante, mas tem maior densidade em rácios intermédios de intensidade de exportadora. Isto está de acordo com a noção de que as empresas exportam mais em indústrias que utilizam intensivamente as TIC, conforme referido em Wang e Li (2017).

Os quatro painéis da figura 6 replicam o exercício anterior mas focando-se no conjunto das quatro tecnologias digitais consideradas. As escolhas metodológicas para classificar a alta e baixa adoção pelas empresas e calcular a PTF permanecem inalteradas. Os resultados são qualitativamente semelhantes aos anteriores, mas a proximidade entre

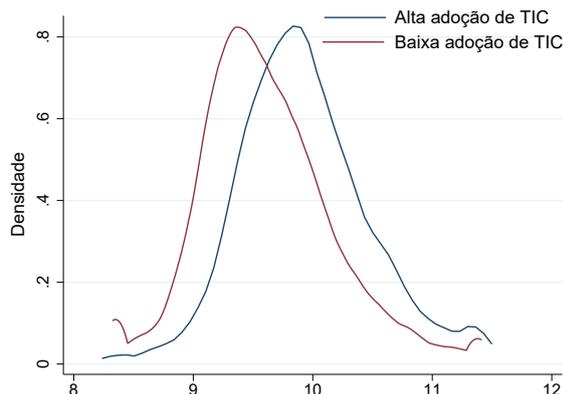
os dois kernels em cada painel é muito maior. Uma vez que estas tecnologias digitais não são muito prevalentes entre as empresas, o limiar de separação na mediana pode não estabelecer uma distinção nítida entre adotantes e não adotantes.



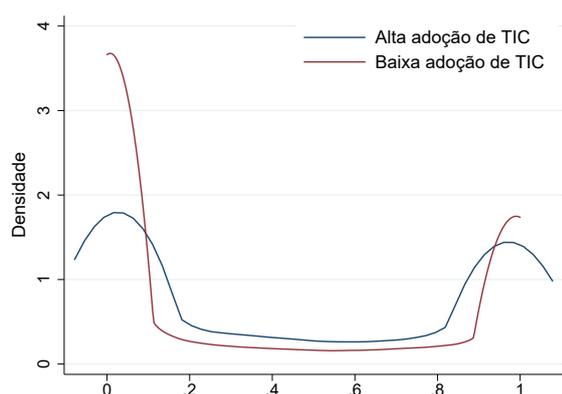
(A) Produtividade total dos fatores



(B) Produtividade do trabalho (ln)



(C) Salários (ln)

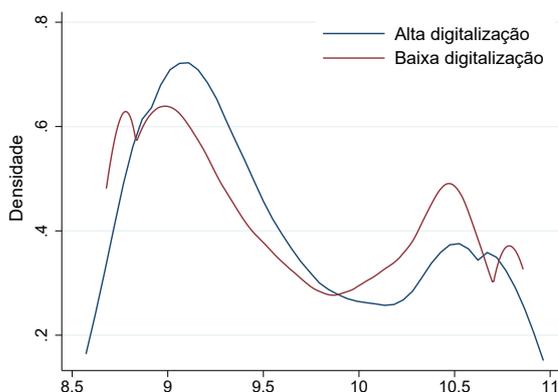


(D) Intensidade exportadora

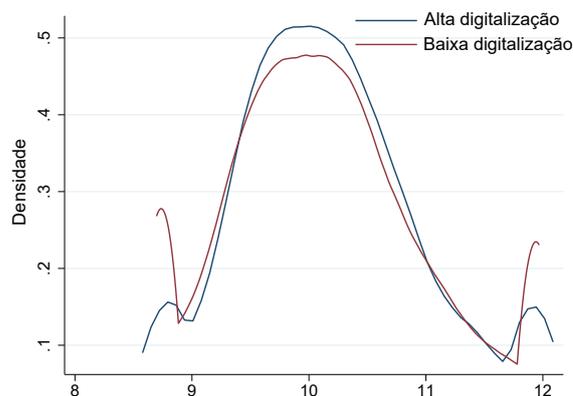
GRÁFICO 5: Alta e baixa adoção definida como as empresas com o primeiro componente principal maior ou igual vs menor do que a mediana da distribuição.

4.4. Investimento em intangíveis

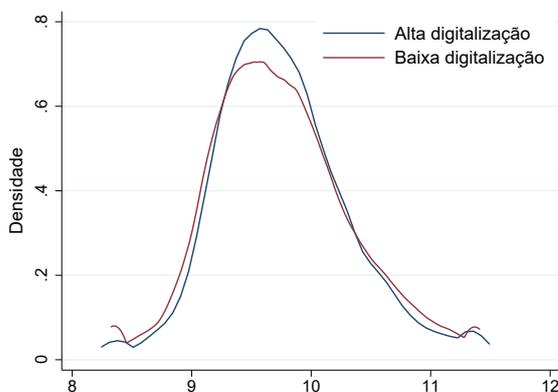
Os intangíveis e a digitalização estão intimamente relacionados e são frequentemente utilizados como uma realidade única sob o termo economia digital intangível (por exemplo, Bertani *et al.* (2021)). No entanto, existem diferenças. Os ativos intangíveis não têm presença física, mas possuem um valor significativo para o negócio. Esses ativos são normalmente de natureza de longo prazo e podem contribuir para a vantagem competitiva, geração de receita e valor geral de uma empresa. Exemplos comuns de intangíveis são patentes, marcas registadas, direitos de autor, listas de clientes, segredos comerciais e software. As tecnologias TIC e de digitalização correspondem à existência física de máquinas e hardware específicos na empresa. Por esta razão, tentámos avaliar a



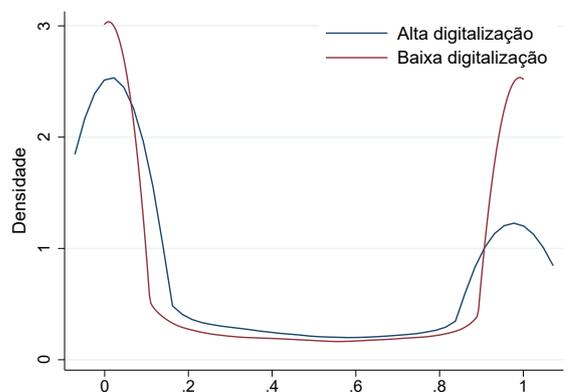
(A) Produtividade total dos fatores



(B) Produtividade do trabalho



(C) Salários (ln)

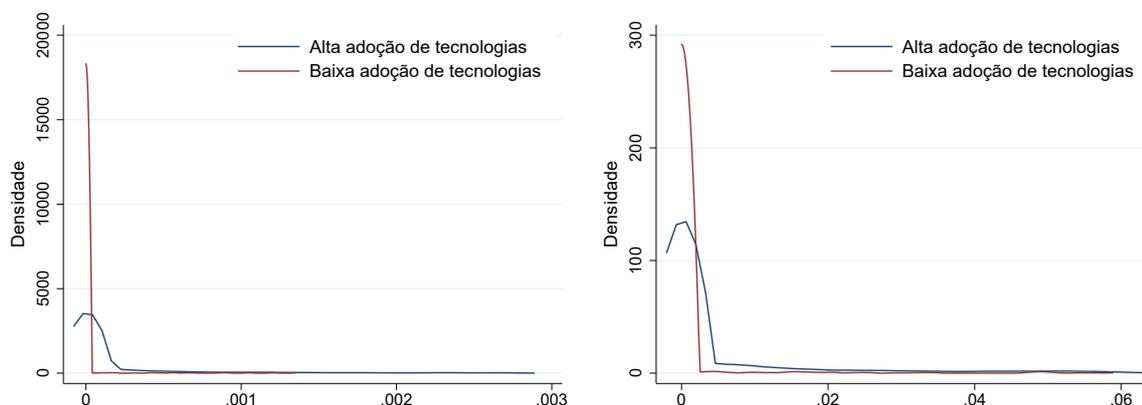


(D) Intensidade exportadora

GRÁFICO 6: Alta e baixa adoção definida como as empresas com o primeiro componente principal maior ou igual vs menor do que a mediana da distribuição.

correlação entre o investimento em intangíveis, conforme reportado nas demonstrações anuais de resultados das empresas, e o seu grau de adoção das TIC e de tecnologias digitais.

A figura 7 apresenta as densidades de kernel dos rácios de investimento em intangíveis sobre o volume de negócios e de investimento em intangíveis sobre o investimento total, depois de eliminar os rácios abaixo do percentil 10 e acima do percentil 90, para as empresas que apresentam simultaneamente alta adoção de TIC e alta adoção de tecnologias digitais (acima da mediana do primeiro componente principal em ambos os tipos de tecnologias) versus aquelas que não adotam nenhuma delas (abaixo da mediana do primeiro componente principal em ambos os tipos de tecnologias). Os montantes reportados de investimento em intangíveis pelas empresas portuguesas são muito pequenos. Embora a densidade dos rácios de investimento esteja muito concentrada na aba inferior da distribuição, é possível observar que as empresas



(A) Invest. intangíveis no volume de negócios

(B) Investimento em intangíveis no investimento total

GRÁFICO 7: Invest. intangíveis para alta e baixa adoção de tecnologias

com maior adoção de TIC e tecnologias digitais apresentam rácios superiores às que têm baixa adoção.

5. Impacto de adotar um cabaz de tecnologias TIC

Os resultados da secção anterior restringem-se às associações entre as TIC e a adoção digital e diferentes variáveis de desempenho das empresas. Provar a causalidade entre essa adoção e o desempenho é muito mais relevante, mas também bastante exigente, dadas as limitações dos dados. Uma abordagem de Diferenças em Diferenças (DiD) sobrepostas, usando como estratégia de identificação o momento em que as empresas respondem afirmativamente à existência de uma tecnologia específica requer a observação das empresas durante longos períodos antes e depois do momento da adoção. Mesmo assim, argumentar sobre a independência entre a decisão de adoção tecnológica e o desempenho não é fácil. De todo o modo, testamos um DiD sobreposto, tal como proposto em Callaway e Sant'Anna (2021) e implementado usando o módulo STATA *CSDID* (Rios-Avila *et al.* (2021)). Nesta abordagem, os parâmetros do efeito do tratamento utilizam DiD com múltiplos períodos de tempo, variação no momento do tratamento e verificação da “hipótese de tendências paralelas” o condicionamento em covariáveis observadas.

O exercício considera a adoção simultânea pela empresa de um conjunto de três tecnologias TIC (website, vendas online e compras online) e é repetido para quatro variáveis de desempenho: PTF, produtividade do trabalho, salários e intensidade exportadora. O grupo de controlo corresponde às empresas que não adotam este conjunto de tecnologias no mesmo ano ou que não as dotam de todo. O intervalo de tempo utilizado para apresentação dos coeficientes do efeito médio do tratamento para a subpopulação tratada (ATT) vai do ano anterior à adoção das três tecnologias até três anos após. O ano é incluído como covariável e as quatro variáveis de desempenho foram

sujeitas a um procedimento de winsorização afetando os percentis 1 e 99. Além disso, foram eliminadas as observações anteriores a 2010 e com salários negativos.

Os quatro painéis da figura 8 representam os resultados deste exercício inicial. Embora os intervalos de confiança de 95 por cento sejam grandes, é possível vislumbrar um efeito positivo da adoção destas tecnologias na produtividade do trabalho, mesmo que se desvanença três períodos após a adoção, e nos salários, dois e três períodos após a adoção. Isto corresponde ao que foi concluído na literatura com diferentes métodos e para diferentes países. A estatística Chi2, sob a hipótese nula de que todos os ATTs pré-tratamento são iguais a zero, é verificada. O Quadro B.1 no Apêndice B apresenta os valores dos coeficientes estimados.

6. Considerações finais

Este artigo tenta complementar o conhecimento existente sobre a adoção das TIC e das tecnologias digitais pelas empresas portuguesas. Apresentamos alguns fatos sobre

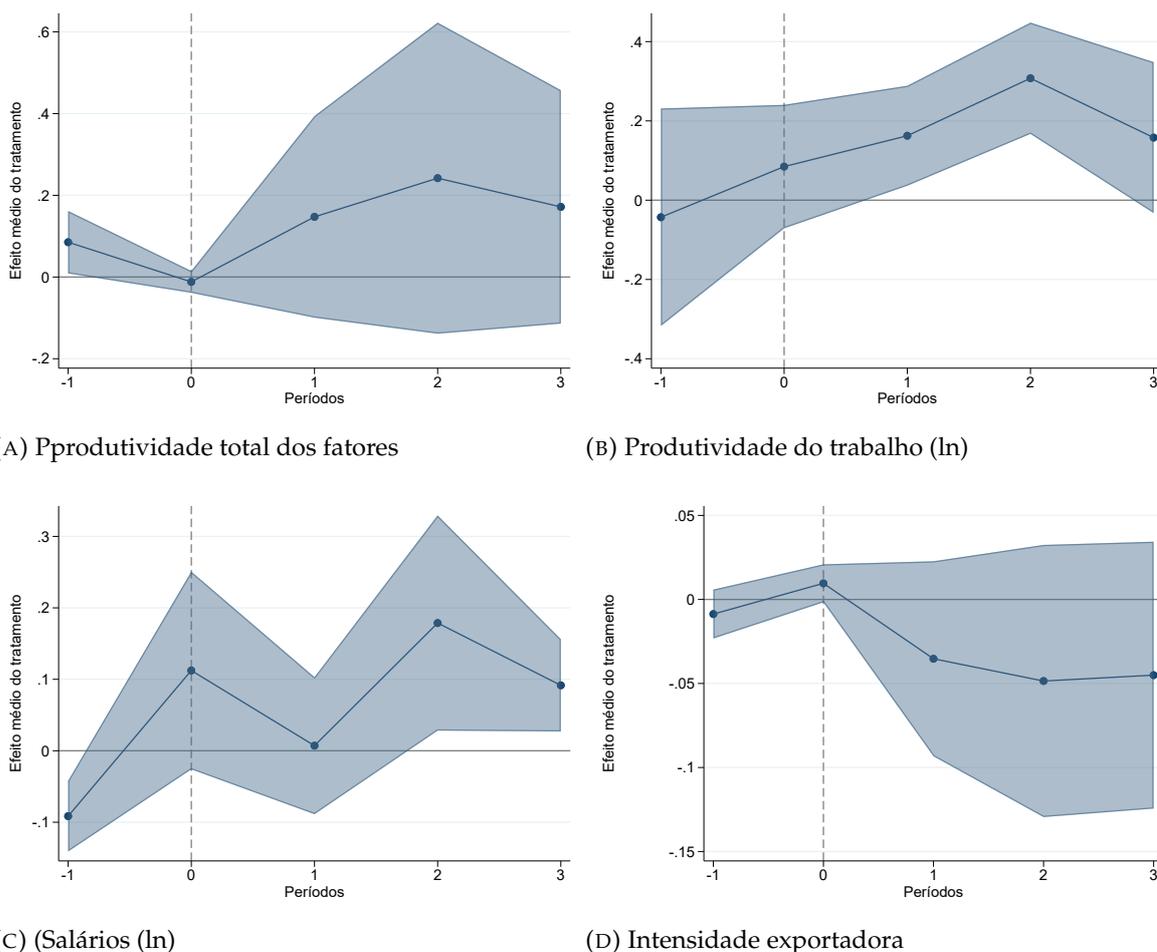


GRÁFICO 8: Impacto de adotar simultaneamente website, vendas online e compras online. Efeito médio do tratamento para a sub população tratada. A área a cinzento delimita os intervalos de confiança a 95 por cento.

a distribuição das tecnologias entre setores e sua correlação com o desempenho das empresas num conjunto de diferentes dimensões. Os resultados corroboram a visão de que existe heterogeneidade entre as empresas e há evidência preliminar de impactos positivos na produtividade por trabalhador e nos salários.

Muitas perguntas ficam sem resposta. Uma questão importante é a associação entre a dimensão e as competências da força de trabalho e a adoção destas tecnologias. Outra questão diz respeito ao papel das políticas públicas na promoção destes investimentos nas empresas, incluindo a construção de infraestruturas digitais básicas.

Uma limitação importante é a falta de dados granulares abrangendo um longo período de tempo e com um grande número de empresas, o que permitiria um painel de dados balanceado mais longo. Ter um ou dois anos de observações de novas tecnologias digitais em algumas empresas não permite forte inferência causal. Uma forma de avançar seria reunir dados de adoção das TIC e de digitalização por parte de empresas de diferentes países. Resultados interessantes também surgiram de comparações entre países. Para este fim é necessária a cooperação internacional na investigação e na partilha deste tipo de dados.

Referências

- Abramovsky, Laura e Rachel Griffith (2006). "Outsourcing and Offshoring of Business Services: How Important is ICT?" *Journal of the European Economic Association*, 4(2-3), 594–601.
- Acemoglu, Daron e Pascual Restrepo (2019). "Automation and New Tasks: How Technology Displaces and Reinstates Labor." *Journal of Economic Perspectives*, 33(2), 3–30.
- Acemoglu, Daron e Pascual Restrepo (2020). "Robots and Jobs: Evidence from US Labor Markets." *Journal of Political Economy*, 128(6), 2188–2244.
- Ackerberg, Daniel, Kevin Caves, e Garth Frazer (2006). "Structural identification of production functions." MPRA Paper 38349, University Library of Munich, Germany.
- Almeida, Derick e Tiago Neves Sequeira (2023). "Are Robots, Software, ICT and physical capital related to productivity? A panel quantile approach." *Economics of Innovation and New Technology*, 0(0), 1–18.
- Amador, João e Cátia Silva (2023). "The impact of ICT adoption on productivity: Evidence from Portuguese firm-level data." Working papers 7, Banco de Portugal.
- Barbosa, Natália e Ana Paula Faria (2022). "Digital Adoption and Productivity: Understanding Micro Drivers Of The Aggregate Effect." *Estudos de Temas Económicos* 162, GEE.
- Barros, Gabriel (2021). "Digitalisation, Skills and Cybersecurity in Portugal - Critical Factors in a Digital Economy driven by Covid-19." *Estudos de Temas Económicos* 89, GEE.
- Basu, Susanto, Lucy Eldridge, John Haltiwanger, e Erich Strassner (2022). *Introduction to: Technology, Productivity, and Economic Growth*. University of Chicago Press.
- Bertani, Filippo, Linda Ponta, Marco Raberto, Andrea Teglio, e Silvano Cincotti (2021). "The complexity of the intangible digital economy: an agent-based model." *Journal of Business Research*, 129, 527–540.
- Borowiecki, Martin, Jon Pareliussen, Daniela Glocker, Eun Jung Kim, Michael Polder, e Iryna Rud (2021). "The impact of digitalisation on productivity: Firm-level evidence from the Netherlands." *OECD Economics Department Working Papers* 1680, OECD Publishing.
- Brodny, Jarosław e Magdalena Tutak (2022). "Digitalization of Small and Medium-Sized Enterprises and Economic Growth: Evidence for the EU-27 Countries." *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 8(2), 67.
- Callaway, Brantly e Pedro H.C. Sant'Anna (2021). "Difference-in-Differences with multiple time periods." *Journal of Econometrics*, 225(2), 200–230. Themed Issue: Treatment Effect 1.
- Candeias, Marta, Nuno Boavida, e António Brandão Moniz (2022). "Automation Trends In Portugal: Implications In Productivity And Employment." *Estudos de Temas Económicos* 165, GEE.
- Cortes, João, Steffen Hoernig, e Paulo Trigo Pereira (2022). "Digital Transition in the Recovery and Resilience Plans: Challenges for Portugal." IPP Policy Paper 23, Institute of Public Policy.

- European Investment Bank (2023). "Digitalisation in Europe 2022–2023: Evidence from the EIB Investment Survey." Report, EIB.
- Fundo Monetário Internacional (2023). "Labor Market and Digitalization in Portugal." *IMF Staff Country Reports*, 2023(219).
- Gal, Peter, Giuseppe Nicoletti, Theodore Renault, Stéphane Sorbe, e Christina Timiliotis (2019). "Digitalisation and productivity: In search of the holy grail, firm-level empirical evidence from EU countries." OECD Economics Department Working Papers 1533, OECD Publishing.
- Gilbert, Cette, Nevoux Sandra, e Py Loriane (2020). "The Impact of ICTs and Digitalization on Productivity and Labor Share: Evidence from French firms." Working papers 785, Banque de France.
- Levinsohn, James e Amil Petrin (2003). "Estimating Production Functions Using Inputs to Control for Unobservables." *Review of Economic Studies*, 70(2), 317–341.
- Rios-Avila, Fernando, Pedro H.C. Sant'Anna, e Brantly Callaway (2021). "CSDID: Stata module for the estimation of Difference-in-Difference models with multiple time periods." Statistical Software Components, Boston College Department of Economics.
- Wang, Yao e Jie Li (2017). "ICT's effect on trade: Perspective of comparative advantage." *Economics Letters*, 155, 96–99.
- Wooldridge, Jeffrey M. (2009). "On estimating firm-level production functions using proxy variables to control for unobservables." *Economics Letters*, 104(3), 112–114.
- World Bank (2016). "World Development Report 2016: Digital Dividends." Report, World Bank.
- Zolas, Nikolas, Zachary Kroff, Erik Brynjolfsson, Kristina McElheran, David Beede, Catherine Buffington, Nathan Goldschlag, Lucia Foster, e Emin Dinlersoz (2020). "Advanced Technologies Adoption and Use by U.S. Firms: Evidence from the Annual Business Survey." Working Papers 20-40, Center for Economic Studies, U.S. Census Bureau.

Apêndice A: Adoção de tecnologias por setor

	PC		Internet		Website		Vendas online		Compras online		Pessoal TIC	
	2010	2018	2010	2018	2010	2018	2010	2018	2010	2018	2010	2018
Extrativa	0,2	-	0,2	-	0,1	-	-	-	-	-	-	-
Transformadora	12,3	18,2	10,9	17,7	4,4	8,0	2,1	1,1	2,5	3,8	2,0	1,9
Eletricidade & gás	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	-	-	0,1	-	-	-
Água	0,2	0,3	0,2	0,3	0,1	0,2	-	-	-	0,1	-	0,1
Construção	9,0	10,3	8,1	10,1	2,2	3,3	0,6	0,3	1,5	1,6	1,3	0,5
Comércio	26,5	3-	22,1	29,0	8,6	12,7	4,7	3,6	7,8	8,1	3,2	3,0
Transportes	2,8	5,0	2,5	4,8	0,9	1,5	0,4	0,4	0,3	0,8	0,6	0,3
Alojamento	5,0	10,5	3,6	8,5	1,8	3,9	0,4	1,6	0,7	1,4	0,4	0,6
Informação & com.	2,1	2,2	2,1	2,2	1,5	1,7	0,5	0,4	1,0	1,1	1,2	1,4
Imobiliário	2,6	2,7	2,5	2,5	1,4	1,2	0,3	0,2	0,4	0,5	0,4	0,1
Consult. & ciência	8,6	9,8	8,5	9,8	3,0	4,7	1,1	0,8	2,2	2,8	2,0	1,5
Act. administrativas	3,2	3,2	3,1	3,1	1,9	1,8	0,6	0,5	0,8	0,8	0,4	0,4
Outros serviços	0,1	0,1	-	0,1	-	0,1	-	-	-	0,1	-	0,1
Total	72,9	92,5	64,1	88,2	26,0	39,2	10,9	9,1	17,4	21,0	11,7	9,9

QUADRO A.1. Proporção de empresas que adotam tecnologias TIC por setor (2010 e 2018): pesos para o número de empresas

Nota: Os setores da Agricultura, Educação, Saúde & serviços sociais e Artes & desporto não são apresentados devido ao reduzido número de empresas na amostra.

	PC		Internet		Website		Vendas online		Compras online		Pessoal TIC	
	2010	2018	2010	2018	2010	2018	2010	2018	2010	2018	2010	2018
Extrativa	0,4	-	0,4	-	0,2	-	-	-	0,2	-	0,2	-
Transformadora	25,3	28,7	25,1	28,7	20,9	25,2	9,1	6,1	9,0	12,9	16,1	16,7
Eletricidade & gás	2,7	5,9	2,6	5,9	2,6	5,8	-	3,4	0,8	4,8	1,5	3,1
Água	0,9	0,8	0,9	0,8	0,8	0,7	0,1	0,1	0,3	0,4	0,4	0,4
Construção	8,6	4,6	8,5	4,6	5,9	3,4	1,1	0,3	2,9	1,7	3,2	1,7
Comércio	40,1	39,9	39,2	39,6	29,3	32,6	14,3	13,0	20,7	22,4	18,9	18,5
Transportes	5,2	6,1	5,2	6,1	4,2	5,6	1,8	2,9	2,7	3,3	3,3	3,2
Alojamento	2,0	3,0	1,8	2,8	1,3	2,2	0,6	1,2	0,8	1,3	0,7	1,0
Informação & com.	4,5	3,6	4,5	3,6	4,3	3,5	2,0	2,1	3,5	3,0	3,9	3,3
Imobiliário	1,1	0,8	1,1	0,8	0,8	0,5	0,1	0,1	0,2	0,2	0,4	0,1
Consult. & ciência	2,7	2,8	2,7	2,8	2,1	2,4	0,5	0,4	1,1	1,3	1,5	1,4
Act. administrativas	2,9	3,1	2,9	3,1	2,6	2,8	1,1	0,9	1,4	1,6	1,4	1,8
Outros serviços	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	96,4	99,4	95,0	98,9	75,0	84,9	30,8	30,4	43,7	53,0	51,6	51,3

QUADRO A.2. Proporção de empresas que adotam tecnologias TIC por setor (2010 e 2018): pesos para o volume de negócios

Nota: Os setores da Agricultura, Educação, Saúde & serviços sociais e Artes & desporto não são apresentados devido ao reduzido número de empresas na amostra.

	PC		Internet		Website		Vendas online		Compras online		Pessoal TIC	
	2010	2018	2010	2018	2010	2018	2010	2018	2010	2018	2010	2018
Extrativa	0,4	-	0,3	-	0,2	-	0,1	-	0,1	-	0,1	-
Transformadora	26,0	29,2	25,3	28,9	16,9	22,0	8,0	3,4	8,5	11,4	11,1	12,9
Eletricidade & gás	0,3	0,4	0,3	0,4	0,3	0,4	-	0,1	0,1	0,3	0,2	0,3
Água	0,7	1,1	0,7	1,1	0,7	1,0	0,1	0,1	0,2	0,6	0,4	0,7
Construção	12,2	7,9	11,8	7,8	6,2	4,7	1,5	0,4	3,6	2,2	3,4	2,0
Comércio	21,8	23,8	20,6	23,6	14,4	17,8	6,9	7,8	10,8	12,5	8,0	8,2
Transportes	5,2	6,4	5,1	6,4	3,9	5,2	1,7	2,5	2,0	2,6	3,0	3,1
Alojamento	6,3	8,7	5,4	8,2	3,8	6,2	1,5	2,7	2,4	3,5	1,9	2,2
Informação & com.	2,6	3,3	2,6	3,3	2,5	3,2	1,1	1,3	1,6	2,3	2,1	3,0
Imobiliária	0,9	0,7	0,9	0,7	0,6	0,5	0,1	0,2	0,2	0,2	0,3	0,1
Consult. & ciência	3,6	4,3	3,6	4,3	2,3	3,4	0,5	0,6	1,2	2,0	1,6	2,1
Act. administrativas	12,3	12,6	12,3	12,6	10,6	12,0	3,0	1,1	5,0	7,4	4,5	7,2
Outros serviços	0,1	0,1	-	0,1	-	0,1	-	-	-	-	-	-
Total	92,5	98,6	89,1	97,4	62,5	76,4	24,4	20,4	35,9	45,0	36,6	41,8

QUADRO A.3. Proporção de empresas que adotam tecnologias TIC por setor (2010 e 2018): pesos para o número de trabalhadores

Nota: Os setores da Agricultura, Educação, Saúde & serviços sociais e Artes & desporto não são apresentados devido ao reduzido número de empresas na amostra.

	Número				Vol. vendas				Emprego			
	Robôs	Nuvem	Big data	Imp. 3D	Robôs	Nuvem	Big data	Imp. 3D	Robôs	Nuvem	Big data	Imp. 3D
	2018	2018	2018	2018	2018	2018	2018	2018	2018	2018	2018	2018
Extrativa	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Transformadora	2,1	2,5	1,3	1,0	13,9	13,9	10,8	4,4	1-	9,4	6,0	3,4
Eletricidade & gás	-	-	-	-	0,1	4,9	3,8	-	-	0,2	0,3	-
Água	-	0,1	0,1	-	0,1	0,5	0,3	-	0,2	0,8	0,5	-
Construção	0,4	1,1	0,7	0,2	0,8	1,8	1,0	0,1	0,9	2,4	1,1	0,2
Comércio	0,5	4,1	2,1	0,4	2,1	18,4	10,3	1,5	0,9	10,4	5,9	0,6
Transportes	0,1	0,7	0,8	-	1,4	4,0	2,8	-	1,4	3,0	2,6	-
Alojamento	0,1	1,0	0,7	0,1	-	1,0	0,5	0,1	0,1	2,6	1,2	0,2
Informação & com.	-	1,1	0,4	0,1	-	2,6	2,3	0,1	-	2,5	1,5	0,1
Imobiliário	-	0,4	0,2	0,1	-	0,2	0,1	-	-	0,2	0,1	-
Consult. & ciência	0,1	2,8	0,9	0,4	-	1,3	0,5	0,2	-	2,2	0,7	0,3
Act. administrativas	-	0,8	0,2	0,1	-	1,7	0,9	0,1	0,3	7,6	4,5	0,2
Outros serviços	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	3,4	14,7	7,6	2,4	18,5	50,4	33,3	6,5	13,8	41,3	24,5	5,0

QUADRO A.4. Proporção de empresas que adotam tecnologias digitais por setor (2018)

Nota: Os setores da Agricultura, Educação, Saúde & serviços sociais e Artes & desporto não são apresentados devido ao reduzido número de empresas na amostra.

Apêndice B: Efeitos médios do tratamento

	Coef.	Desv. pad	z	P>|z|	int conf 95%	
Produtividade total dos fatores						
ATT	0,097	0,078	1,250	0,212	-0,056	0,250
Pre avg	0,085	0,039	2,190	0,029	0,009	0,162
Post avg	0,137	0,115	1,190	0,233	-0,088	0,363
Produtividade do trabalho						
ATT	0,171	0,049	3,480	0,000	0,075	0,267
Pre avg	-0,043	0,140	-0,310	0,759	-0,317	0,231
Post avg	0,178	0,046	3,890	0,000	0,088	0,268
Salários						
ATT	0,106	0,038	2,810	0,005	0,032	0,180
Pre avg	-0,092	0,025	-3,620	0,000	-0,141	-0,042
Post avg	0,097	0,036	2,740	0,006	0,028	0,167
Intensidade exportadora						
ATT	-0,032	0,024	-1,360	0,173	-0,078	0,014
Pre avg	-0,009	0,007	-1,170	0,241	-0,023	0,006
Post avg	-0,030	0,026	-1,130	0,260	-0,082	0,022

QUADRO B.1. Coeficientes do exercício de DiD sobreposto

Nota: Em cada bloco as linhas correspondem ao efeito médio do tratamento (ATT), efeito médio pré-tratamento (Pre avg), efeito médio pós-tratamento (Post avg). A população tratada corresponde às empresas que adotam simultaneamente um conjunto de três tecnologias TIC (website, vendas online e compras online) e envolve 172 observações (de um total de 58.886 observações). O grupo de controle corresponde às empresas que não adotam este grupo de tecnologias no mesmo ano ou que não as adotam de todo.