

Impacto das tecnologias da informação e comunicação sobre o crescimento econômico em escala global *

Marco Aurélio Vieira **

Paulo Sergio Ceretta ***

Resumo

Este estudo abordou os efeitos da infraestrutura de Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs) no crescimento econômico global, analisando uma amostra de 122 países de 2005 a 2017. A metodologia, seguindo Hansen (1999), segmentou a amostra com base no PIB per capita, revelando impactos distintos das TICs, dependendo do valor *threshold* específico de cada país. A banda larga, no primeiro regime, não mostrou significância estatística, enquanto as assinaturas móveis de celular e banda larga, no segundo regime, apresentaram coeficientes mais expressivos. No terceiro regime, essas assinaturas mantiveram um impacto positivo, embora com efeito menor. A análise dos fatores macroeconômicos revelou que o comércio impacta negativamente os países dos dois primeiros regimes, o desemprego tem maior impacto no segundo regime, e as despesas de consumo final das administrações públicas afetam todos os regimes, decrescendo com o aumento do PIB per capita. As implicações teóricas enfatizam a necessidade de abordagens flexíveis na formulação de teorias sobre a relação entre TICs e crescimento econômico. Nas implicações práticas, destacam-se recomendações para políticas de investimento em TICs, adaptação de políticas comerciais conforme os regimes de *threshold*. Os resultados indicam que políticas de investimento em infraestrutura de TICs podem efetivamente impulsionar o crescimento econômico. As contribuições científicas incluem o refinamento de modelos exploratórios, a validação empírica da relevância global das TICs e o apoio ao desenvolvimento de políticas embasadas em evidências. Apesar das contribuições, são reconhecidas limitações relacionadas ao acesso a dados completos, sugerindo futuras pesquisas para aprofundamento.

Palavras-chave: Tecnologias da Informação e Comunicação; Crescimento econômico; Macroeconomia; *Threshold*.

Abstract

Impact of information and communication technologies on economic growth on a global scale

This study addressed the effects of Information and Communication Technology (ICT) infrastructure on global economic growth, analyzing a sample of 122 countries from 2005 to 2017. The methodology, following Hansen (1999), segmented the sample based on per capita GDP, revealing distinct impacts of ICTs, depending on each country's specific threshold value. Broadband, in the first regime, showed no statistical significance, while mobile cellular subscriptions and broadband in the second regime exhibited more pronounced coefficients. In the third regime, these subscriptions maintained a positive impact, albeit with a lesser effect. The analysis of macroeconomic factors revealed that trade negatively affects countries in the first two regimes, unemployment has a greater impact in the second regime, and final consumption expenditure by public administrations affects all regimes, decreasing with the increase in per capita GDP. Theoretical implications emphasize the need for flexible approaches in formulating theories about the relationship between ICTs and economic growth. In practical implications, recommendations for ICT investment policies and adaptation of trade policies according to threshold regimes are highlighted. The results indicate that investment policies in ICT infrastructure can effectively drive economic growth. Scientific contributions include the refinement of exploratory models, empirical validation of the global relevance of ICTs,

* Artigo recebido em 21 de maio de 2020 e aprovado em 8 de fevereiro de 2024.

** Administrador da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Palmeira das Missões, RS, Brasil. E-mail: maureliovieira2@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7163-5789>.

*** Professor Associado da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, RS, Brasil. E-mail: cereta10@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8264-0439>.



and support for evidence-based policy development. Despite the contributions, limitations related to access to complete data are acknowledged, suggesting future research for in-depth analysis.

Keywords: Information and Communication Technologies; Economic growth; Macroeconomics; Threshold.

JEL: O33, C38, F14.

Introdução

O crescimento das Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs), ao longo das últimas décadas, estimulou investigações para analisar a contribuição no desenvolvimento da economia mundial, especialmente, em relação ao impacto no Produto Interno Bruto (PIB) e taxa de desemprego. Recentemente, o foco central das pesquisas empíricas visa a explorar as relações das TICs em geral, a implantação de banda larga e o uso da internet em particular sobre o crescimento e desenvolvimento econômico, na ênfase de contribuir para que as nações possam obter um aumento da renda per capita da população e conseqüente redução da pobreza (Pradhan; Mallik; Bagchi, 2018a).

A evolução associada à qualidade, uso e acesso das TICs podem ser consideradas fatores chaves ao desenvolvimento econômico dos países, além de proporcionar benefícios em negociação dos mercados internacionais. A infraestrutura das TICs refere-se a telefones celulares, as redes de telefonia digitais, capacidade de internet, a penetração de banda larga fixa e outras tecnologias. Considera-se a tecnologia da informação e comunicação como um dos principais catalisadores de crescimento e também desempenha um papel substancial ao impulsionar a economia de países que perceberam sua importância (World Bank, 2018).

Segundo a União Internacional de Comunicações, nos governos dos dias atuais em países de todo o mundo, as TICs estão sendo cada vez mais reconhecidas como um dos principais propulsores do crescimento econômico e também do desenvolvimento social. Mensura-se que, principalmente pela implementação de serviços de banda larga, disponibilidade de assinaturas de telefonia móvel e outras tecnologias, têm a finalidade de melhorar o bem-estar de milhões de pessoas, além de realizar o estímulo para o fomento econômico e financeiro (Itu, 2017).

De acordo com o Banco Mundial (2018), os ganhos econômicos associados à banda larga e assinaturas de celulares nos países favorecem tanto para pessoas na melhoria da qualidade de vida, como para empresas através de melhora na infraestrutura de TICs dos países. Destaca-se, principalmente, em avanços nos negócios e melhora nos serviços do governo, como por exemplo: acesso da utilização de aplicativos da Internet, melhora nos serviços de sites governamentais, aumento do comércio eletrônico, além de disponibilidade nas comunicações em áreas rurais.

Para Seprehdoust (2018), a expansão das TICs é de fundamental importância para o crescimento econômico e parece ser necessária para o desenvolvimento dos países por várias razões: acesso a informações, redução nos custos de produção, etc. Além disso, as TICs podem influenciar o crescimento econômico através da superação de barreiras, como as limitações de tempo e de espaço. Outro aspecto diz respeito a ultrapassar as fronteiras nacionais de negócios que tendem a aumentar o processo produtivo, pois facilita a comunicação de dados e aproxima a relação entre compradores e vendedores.

O objetivo deste artigo é analisar o impacto da infraestrutura das tecnologias da informação e comunicação sobre o desenvolvimento econômico nos países em escala mundial, por um período compreendido entre os anos de 2005 a 2017. Estudos, como de Toader et al. (2018), utilizaram um modelo constante, a tecnologia mantém uma relação constante com o desempenho ao longo do tempo, não considerando a quebra estrutural entre tecnologia e desempenho por um período de 18 anos. Pretende-se com este artigo superar essa deficiência e examinar a partir da abordagem metodológica de Hansen (1999), que possibilita descrever a existência de quebra estrutural na relação entre as variáveis, segmentando a amostra dos países com base no valor de uma determinada variável do desempenho econômico observada.

O presente artigo está organizado da seguinte forma: a seção dois refere-se à revisão de estudos que analisaram a relação entre as TICs e o crescimento econômico de diversos países; a terceira seção apresenta os dados, as variáveis e descreve o método; uma análise econométrica dos dados estimados e os resultados empíricos assim obtidos são discutidos na quarta seção; a seção cinco contém as conclusões.

Tecnologia de informação e comunicação e o crescimento

Nesta seção, serão apresentadas as principais discussões que investigaram a relação entre as tecnologias da informação e comunicação e o crescimento econômico e social em diversas partes do mundo, abordando metodologias diversas (conforme ilustrado no Quadro 1).

Lam e Shiu (2010) investigaram o impacto das telecomunicações móveis no crescimento econômico e na produtividade do setor, utilizando dados de 105 países de 1980 a 2006. Os dados, provenientes da União Internacional de Telecomunicações e do Banco Mundial, incluíram variáveis macroeconômicas (PIB em dólares constantes) e de telecomunicações (assinantes de telefone fixo e celular por 100 pessoas). O estudo empregou o modelo de dados em painel dinâmico para analisar a relação causal entre crescimento econômico e desenvolvimento de telecomunicações em diferentes países e regiões. Resultados indicaram uma relação bidirecional significativa entre crescimento econômico e taxa de penetração móvel, independente de região ou renda. Os autores concluíram que o desenvolvimento de telecomunicações móveis desempenhou papel crucial como estímulo ao crescimento econômico global nos últimos anos.

Kim (2015) investigou o impacto do investimento em tecnologia da informação e comunicação (TIC) no crescimento econômico, utilizando dados do Departamento de Comércio dos Estados Unidos desde 1969, totalizando 182 observações. O autor aplicou a regressão de cointegração variante no tempo, reconhecendo a variabilidade temporal do impacto do investimento em TIC no crescimento econômico. Os resultados indicaram uma influência positiva do investimento em TIC no crescimento econômico. Além disso, o estudo destacou um padrão cíclico de aumento e diminuição no impacto do investimento em TIC no PIB a cada década.

Latif et al. (2018) exploraram a relação entre Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs), investimento direto estrangeiro, crescimento econômico e globalização nas economias dos BRICS (Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul) durante o período de 2000 a 2014. Utilizando dados do Banco Mundial e relatórios da União de Telecomunicações, as variáveis de TICs, incluindo telefone fixo, celular, internet, serviços de internet e banda larga fixa, foram analisadas por meio do

método de painel robusto. O crescimento econômico foi avaliado através do Produto Interno Bruto per capita. Os resultados empíricos, obtidos por meio do método de painel robusto, indicaram uma contribuição positiva das TICs para o crescimento econômico, sugerindo que um aumento na infraestrutura de TICs está associado a um incremento no crescimento econômico.

Quadro 1
Resumo das características metodológicas dos estudos selecionados

Autor(es)	Ano	Método	Amostra	Período de Análise	Variáveis
Lam, P. L.; Shiu, A.	2010	Painel dinâmico	105 países	1980 a 2006	1, 2
Kim, S. H.	2015	Cointegração	Estados Unidos	1969 a 2014	1, 3, 4, 5
Latif et al.	2018	Painel Robusto	Países BRICS	2000 a 2014	1,3
Stanley, Doucouliagos e Stee	2018	Dados em painel	59 países	1969 a 2014	1,3,5
Niebel	2018	Dados em painel	59 países	1995 a 2010	1, 3, 6
Lee, Shao e Vinze	2018	Dados em Painel	37 países	1995 a 2012	1,3, 5,7, 8
Armeanu, Vintila e Gherghina	2018	Dados em Painel	Países da União Europeia	1977 a 2014	1,3, 5, 7, 9
Castaldo, Fiorini e Maggi	2018	Painel Dinâmico GMM	23 países da OCDE	1996 a 2010	1, 4, 10
Pradhan et al.	2018	Análise de Painel (Bidirecional)	Países do G-20	1990 a 2014	1, 3, 6, 10
Edquist et al.	2018	Análise de Regressão	135 Países	2002 a 2014	1, 4, 10

Nota das variáveis: 1(PIB); 2 (número de assinantes de telefone fixo e celular por 100); 3 (TICs (telefone fixo, celular, internet, serviços de internet e banda larga fixa); 4 (Investimento Direto Estrangeiro); 5 (Globalização); 6 (Capital das TICs); 7 (Resultados sociais) 8 (Economia e Indústria); 9 (Educação); 10 (Difusão de Banda Larga).

Stanley, Doucouliagos e Steel (2018) investigaram o impacto diferencial das Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs) em países desenvolvidos e em desenvolvimento, considerando diversas modalidades de TICs, como telefones fixos, celulares, tecnologia de computadores e acesso à internet. O estudo empregou modelos de regressão de dados em painel para a análise. Os resultados indicaram que, em média, as TICs tiveram uma contribuição positiva para o crescimento econômico. Tanto os países desenvolvidos quanto os em desenvolvimento obtiveram benefícios significativos das tecnologias de telefonia fixa e celular, sendo o efeito de crescimento associado às tecnologias celulares aproximadamente duas vezes mais intenso do que o observado nas tecnologias de telefonia fixa.

No estudo conduzido por Niebel (2018), foi realizada uma análise sobre o impacto das tecnologias de informação e comunicação (TICs) no crescimento econômico, abrangendo países em desenvolvimento, emergentes e desenvolvidos. Os dados utilizados referem-se a uma amostra composta por 59 países, e o período de análise abrangeu os anos de 1995 a 2010. Diversas regressões de dados em painel foram empregadas, e os resultados ratificaram a existência de uma relação positiva entre o capital investido em TICs e o crescimento do Produto Interno Bruto (PIB).

Lee, Shao e Vinze (2018) investigaram empiricamente associações entre os investimentos em TICs e as transformações da sociedade para países categorizados como economias em

desenvolvimento, transição e desenvolvidas. Usando dados de painel, os autores conduziram análise em um abrangente conjunto de dados no período entre 1995 até 2012 para 37 países. Esses dados foram coletados do Fundo Monetário Internacional e do Banco Mundial. Os resultados revelaram que as TICs têm impacto favorável sobre os resultados sociais e para as transformações sociais, mas a natureza de suas contribuições para a mudança social variam de acordo com o estágio de desenvolvimento econômico de cada país. Concluíram os autores que os investimentos em TICs contribuem positivamente aos resultados socioeconômicos dos países analisados.

Armeanu, Vintila e Gherghina (2018) examinaram a evolução do crescimento econômico sustentável na União Europeia de 1977 a 2014. Utilizando modelos de regressão de dados em painel, incluindo efeitos fixos e aleatórios, juntamente com o método generalizado de momentos (GMM) do sistema, analisaram determinantes da taxa real de crescimento do Produto Interno Bruto (PIB). Os fatores abrangiam ensino superior, ambiente de negócios, infraestrutura, tecnologia, comunicações, mídia, estilo de vida e mudanças demográficas. Variáveis tecnológicas e de mídia incluíram assinantes e usuários da internet, receitas de telecomunicações móveis e porcentagem de domicílios com acesso a tecnologias. Resultados das regressões de dados em painel destacaram o impacto positivo do ensino superior e da tecnologia, comunicações e mídia no crescimento econômico, refletindo em redução de custos, aumento de receitas e empregos vinculados ao avanço da informação e conhecimento.

Castaldo, Fiorini e Maggi (2018) analisaram o impacto da disseminação da banda larga fixa como determinante tecnológico do crescimento econômico em um painel de 23 países da OCDE ao longo de 15 anos (1996 a 2010). Utilizando variáveis dos bancos de dados da OCDE e UIT, aplicaram um modelo de painel dinâmico com método generalizado de momentos. Os resultados destacaram uma correlação positiva entre a difusão da banda larga e o crescimento econômico. Concluindo, todas as constatações confirmam a significância estatística da disseminação da banda larga, mantendo uma relação positiva com o crescimento real per capita do Produto Interno Bruto (PIB).

Pradhan et al. (2018a) examinaram as interações entre a difusão de telefones celulares, o crescimento econômico, o investimento estrangeiro direto, as importações de bens TICs e o desenvolvimento financeiro nos países do G-20. Utilizando dados anuais de 1990 a 2014 provenientes do Banco Mundial, os autores identificaram uma relação bidirecional entre o crescimento econômico per capita e a disseminação de telefones celulares. Os resultados ratificam a importância da difusão de telefones celulares para o crescimento econômico per capita, investimento estrangeiro direto e desenvolvimento financeiro.

Edquist et al. (2018) investigaram em que medida a difusão da banda larga móvel impactou o desenvolvimento econômico em termos de PIB. Os autores se basearam em dados de 135 países, para o período de 2002 até 2014. A banda larga móvel é medida como uma porcentagem do total de conexões e a pesquisa encontrou fortes evidências de que existe uma significância estatística do efeito da banda larga móvel no PIB, à medida que a banda larga móvel se difunde em diferentes economias. Os resultados mostraram que a disseminação rápida de banda larga móvel está impulsionando o desenvolvimento macroeconômico em termos de PIB. No entanto, os autores descobriram que o efeito econômico diminui gradualmente ao longo do tempo. Além disso, os resultados também

mostram que o efeito da banda larga móvel é consideravelmente maior e mais significativo em países de baixa renda, em comparação com os países de alta renda.

Aspectos metodológicos e dados

Para a realização do estudo proposto neste artigo, foi utilizado um conjunto de dados coletados junto à base de dados do Banco Mundial (World Bank, 2018). O conjunto de dados abrangeu uma escala global e um período de 13 anos, entre 2005 e 2017. A amostra final foi composta por 122 países. Foram excluídos os países com algum dado inexistente para todo o período, de modo que o estudo foi realizado com dados balanceados, que representaram um total de 1.586 observações.

Conforme pesquisas anteriores que analisaram o impacto das tecnologias da informação e comunicação (TICs) no crescimento econômico dos países (Bahrini; Qaffas, 2019; Pradhan et al., 2018; Toader et al., 2018), a variável dependente é o crescimento econômico, representado pelo Produto Interno Bruto (PIB) per capita. As variáveis de interesse que compõem este estudo são as assinaturas de banda larga fixa e as assinaturas móveis de celular. Como variáveis macroeconômicas de controle foram incluídas a taxa de desemprego, a abertura comercial e a despesa de consumo final das administrações públicas, com a finalidade de controlar qualquer contribuição significativa dessas variáveis para o crescimento econômico.

A variável dependente, PIB per capita, é definida como o produto interno bruto dividido pela população. A variável de interesse Banda Larga refere-se a assinaturas de banda larga fixa por 100 pessoas para acesso de alta velocidade. Essa variável inclui banda larga via satélite e banda larga fixa, sem fio terrestre, divididas pela população do país e multiplicadas por 100. Ela exclui o acesso à internet por meio de redes móveis celulares. Outra variável de interesse, Celular, refere-se a assinaturas móveis de celular divididas pela população do país e multiplicadas por 100. Essa variável se aplica a todas as assinaturas que oferecem comunicações de voz. Ela inclui o número de assinaturas pós-pagas e o número de contas pré-pagas ativas (World Bank, 2018a).

A variável Comércio, composta por exportações e importações, reflete a abertura econômica de uma nação. A sua incorporação na análise se fundamenta na premissa de que uma economia mais aberta, segundo Mankin (2017) caracterizada por um aumento no fluxo de comércio internacional, exerce impactos positivos sobre o crescimento econômico. No entanto, há algumas situações em que o comércio internacional apresenta um impacto negativo no crescimento econômico. O impacto do comércio internacional depende de uma série de fatores, incluindo a estrutura da economia do país, as políticas comerciais do país e as condições econômicas globais.

A variável Desemprego, representando a taxa de desemprego, é uma métrica da subutilização dos recursos na força de trabalho. Conforme Keynes (1936), taxas elevadas de desemprego indicam uma possível ociosidade nos recursos, exercendo um impacto adverso no crescimento econômico. A inclusão dessa variável na análise visa controlar os efeitos do mercado de trabalho na relação entre as Tecnologias da Informação e Comunicação e o crescimento econômico, dada a relação intrínseca entre o nível de emprego, a produção e o consumo.

Quanto à variável Despesa, que representa o consumo público, destaca-se a influência do setor público na dinâmica econômica. Aumentos nos gastos públicos têm o potencial de impulsionar

a demanda agregada, exercendo uma influência positiva sobre o crescimento econômico. A incorporação dessa variável tem como propósito controlar o efeito do consumo público no contexto da relação entre as TICs e o PIB, proporcionando uma compreensão mais aprofundada da interação entre esses elementos.

A abordagem proposta por Hansen (1999) é uma metodologia de divisão de amostra de painel que permite acomodar a heterogeneidade entre os dados. Essa abordagem permite descrever as quebras estruturais para diferentes países, identificando efeitos de limites quando a variável de interesse é observada. Em comparação com estudos anteriores na literatura, o método de Hansen introduz como inovação a possibilidade de identificar uma relação estrutural específica entre as variáveis e o tratamento de um segundo ou mais regimes na amostra.

O conceito de *threshold* em modelos de regressão (Hansen, 1999) refere-se a um ponto de transição em uma variável contínua, indicando onde ocorrem mudanças substanciais na relação entre variáveis. Esses pontos de corte, determinados com base em critérios estatísticos ou teóricos, dividem a amostra em diferentes regimes, nos quais os coeficientes da equação de regressão podem variar. A definição formal dos valores do *threshold* envolve métodos que identificam pontos críticos onde ocorrem alterações significativas na relação entre variáveis. Isso pode incluir análises estatísticas de quebras estruturais, testes de hipóteses ou considerações teóricas.

O conjunto de dados do modelo compreende uma variável dependente e cinco variáveis explicativas, consistindo em duas variáveis de interesse e três variáveis de controle. A estrutura metodológica do modelo segue a proposta de Hansen (1999) e emprega a técnica de regressão linear de dados em painel com *threshold*. Em modelos com três regimes, os valores do *threshold* são selecionados para segmentar a amostra em quatro grupos distintos, proporcionando uma análise mais minuciosa dos efeitos das variáveis explicativas em diferentes contextos ou estados do modelo. Esta abordagem aprimorada oferece discernimentos mais precisos sobre o comportamento do modelo em situações diversas. O modelo com três regimes (*double-threshold*) é representado formalmente com:

$$\begin{aligned} \log PIB_{it} = & x_0 + x_1 \log Comit + x_2 \log Desemp_{it} + x_3 \log Desp_{it} + x_4 \log BLarg_{it} \\ & + x_5 \log Cel_{it} + x_6 (xit) I(\delta \leq 2.673,79) \\ & + x_7 (xit) I(2.673,79 < \delta \leq 11.1873,73) \\ & + x_8 (xit) I(\delta > 11.1873,73) + \epsilon_{it} \end{aligned}$$

Conforme Hansen (1999), o modelo em questão possibilita a variação dos coeficientes na equação de regressão, dependendo do regime identificado. Essa abordagem visa assegurar maior homogeneidade dentro de cada regime específico, buscando obter coeficientes mais representativos da realidade. O modelo suporta a inclusão de até três *thresholds*, dividindo, assim, a amostra em até quatro regimes distintos, com base na relação da variável *threshold* em relação aos valores pré-definidos.

Resultados

A estatística descritiva fundamental e os coeficientes de correlação de Pearson entre as variáveis examinadas são apresentados na Tabela 1. Ao analisar os valores da Tabela 1, constata-se

que o nível mais baixo do Produto Interno Bruto (PIB) per capita foi de US \$1030,04 (Camarões em 2005), enquanto o mais alto atingiu US \$118823,60 (Luxemburgo em 2014). Observa-se também considerável variação nas variáveis de interesse: as assinaturas de banda larga fixa por 100 habitantes (B.Larga) variaram de 0,00% (Líbano em 2005) a 46,13% (Suíça em 2017), com média de 12,41%. As assinaturas de celulares móveis por 100 pessoas (Celular) oscilaram de 2,54% (Comores em 2005) a 328,80% (Macao em 2017), apresentando uma média de 102,79%.

Tabela 1:

Estatística descritiva e correlação de Pearson entre as variáveis analisadas para 122 países no período de 2005 até 2017 (13 observações anuais para cada país)

Variáveis	PIB	Comércio	Desemprego	Despesas	B. Larga	Celular
Observações	1.586	1.586	1.586	1.586	1.586	1.586
Média	18263,71	97,58	8,82	16,47	12,41	102,79
Des. Padrão	20743,19	58,53	6,17	4,67	12,11	40,30
Mínimo	1030,04	20,72	0,14	2,74	0,00	2,54
Máximo	118823,60	442,62	37,25	36,28	46,13	328,80
PIB	1,00					
COM	0,29	1,00				
DESEMP	-0,28	-0,08	1,00			
DESP	0,22	-0,02	0,26	1,00		
BLARG	0,72	0,25	-0,13	0,33	1,00	
CEL	0,40	0,26	-0,10	0,10	0,48	1,00

Fonte: Elaboração dos autores (2019).

Conforme destacado por Hahs-Vaughn (2016), a análise de correlação tem como propósito identificar e eliminar variáveis independentes fortemente correlacionadas. Coeficientes de correlação superiores a 0,8 indicam multicolinearidade, constituindo um desafio na estimação de modelos lineares. Os coeficientes de correlação entre as variáveis independentes não indicam problemas significativos de multicolinearidade, uma vez que se mantiveram em níveis baixos. Notavelmente, em consonância com a literatura pertinente, observa-se uma associação positiva do Produto Interno Bruto (PIB) per capita com as variáveis de interesse, a saber, assinaturas de banda larga e assinaturas de internet.

Os resultados do teste do modelo de dados em painel são apresentados na Tabela 2, visando avaliar a aplicabilidade do modelo com *threshold*. Inicialmente, o teste F é empregado para verificar a hipótese nula de um *threshold* zero (modelo linear com um regime) em contraposição a um *threshold* simples (modelo não linear com dois regimes). O valor do teste ($F=274,99$) ultrapassa o valor crítico, indicando a existência de um *threshold*. Subsequentemente, avalia-se a hipótese de um *threshold* simples em relação a dois *thresholds* (modelo não linear com três regimes), com o valor do teste ($F=206,53$) superando o valor crítico, confirmando a presença de dois *thresholds*.

Essa constatação indica que a amostra deve ser categorizada em três regimes, validando a aplicação do modelo linear de painel de dados para essa configuração. O valor do *threshold* no primeiro regime refere-se a países com PIB per capita \leq US\$ 2.673,79. No segundo regime, situam-

se os países com PIB per capita no intervalo US\$ 2.673,79 < PIB per capita ≤ US\$ 11.183,73. O terceiro regime engloba países com valores de PIB per capita > US\$ 11.183,73.

Tabela 2:
Determinação do número de *threshold*

Número de <i>Threshold</i>	Valor do <i>Threshold</i>	Teste F	P-valor	Valores críticos		
				10%	5%	1%
Single	2.673,79	274,99	0,00	73,81	79,90	93,54
Double	11.183,73	206,53	0,00	65,97	72,87	89,83

Fonte: Elaboração dos autores (2019).

Na Tabela 3, são apresentados os coeficientes estimados para o modelo com três regimes (Regime 1, Regime 2 e Regime 3). Evidencia-se que as variáveis exibem coeficientes distintos nos três regimes, delineados pela segmentação da amostra de países conforme o valor do PIB per capita. No primeiro regime (PIB per capita ≤ US\$ 2.673,79), países como Camarões, Guiana, Honduras, Nicarágua, Nigéria, entre outros, se destacam. No segundo regime (US\$ 2.673,79 < PIB per capita ≤ US\$ 11.183,73), estão incluídos países como Argélia, Brasil, Bulgária, China, Jordânia, México, Namíbia, Turquia, Indonésia, entre outros. Por fim, o terceiro regime (PIB per capita > US\$ 11.183,73) engloba nações como Austrália, Canadá, Dinamarca, Finlândia, Islândia, Países Baixos, Singapura, Suécia, Estados Unidos, entre outros.

Através dos resultados, constata-se que a variável Comércio mantém uma relação negativa e estatisticamente significativa com o PIB per capita nos países do primeiro regime (PIB per capita ≤ US\$ 2.673,79), evidenciando que uma variação de 1% no comércio dos países está associada a uma diminuição de 0,272% no PIB per capita. Nos países do segundo regime (PIB per capita > US\$ 2.673,79 e ≤ US\$ 11.183,73), a variável Comércio também apresenta uma relação negativa e significativa com o PIB per capita, indicando que uma variação de 1% no comércio dos países resulta em uma diminuição de 0,138% no PIB per capita. Por fim, nos países do terceiro regime (PIB per capita > US\$ 11.183,73), não se verifica uma relação significativa entre as variáveis em análise. Este resultado alinha-se com as descobertas de Bahrini e Qaffas (2019), que também identificaram uma relação negativa da abertura comercial em países da Região do Oriente Médio e Norte da África ao analisarem o impacto de celulares e banda larga no crescimento econômico.

No entanto, essa constatação contradiz as descobertas de Toader et al. (2018), segundo as quais o comércio exerce um efeito positivo associado ao PIB, indicando que essa variável tem um impacto positivo no crescimento econômico, e Latif et al. (2018), que apresentaram em seu estudo que as Tecnologias da Informação e Comunicação contribuem positivamente para o comércio internacional (exportações e importações). É relevante notar que ambos os estudos anteriores utilizaram a variável Comércio exatamente da mesma forma que na presente pesquisa, embora tenham sido operacionalizadas por métodos de estimação distintos.

O coeficiente da variável desemprego revela uma relação negativa e estatisticamente significativa nos três regimes, indicando que, independentemente do nível de geração de riqueza, o desemprego está associado negativamente ao PIB per capita. No primeiro regime, uma variação de

1% no desemprego está relacionada a uma diminuição de -0,494% no PIB per capita. Nos regimes dois e três, o impacto negativo é mais acentuado, registrando -0,776% e -0,593%, respectivamente. Esses achados corroboram com os resultados de Toader et al. (2018), que também identificaram uma associação negativa entre a taxa de desemprego e o crescimento econômico.

Essa consistência está alinhada com teorias econômicas clássicas, como as propostas por Keynes (2012) e Solow (1956). Segundo Keynes, a redução do desemprego estimula o crescimento econômico, pois a oferta de trabalho aumenta, impulsionando a produção e o consumo. A teoria de Solow, por sua vez, destaca que a redução do desemprego contribui para o aumento da eficiência na alocação de recursos, promovendo, assim, o crescimento econômico sustentável. Portanto, a associação negativa entre a taxa de desemprego e o PIB per capita está em conformidade com essas teorias clássicas, ressaltando a importância da manutenção de baixas taxas de desemprego para o desenvolvimento econômico.

Tabela 3

Coefficientes estimados para dados em painel com *threshold* (efeitos fixos) para 122 países no período de 2005 até 2017
Variável dependente Log_PIB/per capita

	Regime	Coefficiente	Erro Padrão	Teste t	p-valor
Comércio	1	-0,272***	0,024	11,230	0,000
	2	-0,138***	0,016	8,900	0,000
	3	-0,028*	0,015	1,870	0,061
Desemprego	1	-0,494**	0,172	2,870	0,004
	2	-0,776***	0,112	6,940	0,000
	3	-0,593***	0,102	5,810	0,000
Despesas	1	-1,100***	0,144	7,630	0,000
	2	-0,794***	0,108	7,360	0,000
	3	-0,549***	0,123	4,460	0,000
Banda Larga	1	0,026NS	0,327	0,080	0,936
	2	0,494***	0,063	7,900	0,000
	3	0,257***	0,048	5,370	0,000
Celulares	1	0,197***	0,019	10,510	0,000
	2	0,161***	0,010	16,130	0,000
	3	0,162***	0,012	14,070	0,000
Constante		4,060	0,020	189,950	0,000

Nota: $p < 0,001$ (***) ; $0,001 < p < 0,05$ (**); $0,05 < p < 0,10$ (*); $p > 0,10$ (NS).

Fonte: Elaboração dos autores (2019).

A variável Despesas revela uma relação negativa e estatisticamente significativa nos três regimes analisados. No primeiro regime, destaca-se uma relação mais pronunciada entre a variação das despesas e o Produto Interno Bruto (PIB) per capita. No segundo regime, a variação das despesas exibe uma relação de -0,794% com o PIB per capita, enquanto, no terceiro regime, a relação é ligeiramente mais atenuada, registrando -0,549% com o PIB per capita.

Este achado está alinhado com a perspectiva de Solow (1956), que ressalta a importância da acumulação de capital, incluindo o capital público representado pelos gastos do governo, no processo de crescimento econômico. Entretanto, é crucial notar que a eficiência na alocação desses gastos desempenha um papel determinante, podendo influenciar positiva ou negativamente a contribuição para o crescimento econômico.

Contrastando com algumas pesquisas empíricas, como a de Toader et al. (2018), que apresentaram resultados mistos quanto à relação entre as despesas do governo e o PIB per capita. A divergência nos resultados destaca a complexidade intrínseca dessa relação e ressalta a importância de considerar fatores específicos de cada contexto. Esse desacordo pode ser atribuído a diversas variáveis contextuais e metodológicas que diferem entre os estudos, evidenciando a necessidade de uma abordagem cuidadosa ao interpretar resultados e ressaltando a complexidade inerente à interação entre despesas governamentais e crescimento econômico.

A variável Assinaturas de Banda Larga Fixa, ao ser analisada nos países do primeiro, segundo e terceiro regimes, apresenta resultados distintos. Nos países do primeiro regime, não se observa significância estatística, indicando que, para essa faixa específica de PIB per capita (\leq US\$ 2.673,79), a presença ou ausência de banda larga fixa não influencia de maneira estatisticamente mensurável o crescimento econômico.

Entretanto, nos países do segundo regime ($US\$ 2.673,79 < \text{PIB per capita} \leq US\$ 11.183,73$) e terceiro regime ($\text{PIB per capita} > US\$ 11.183,73$), a variável revela uma relação positiva e estatisticamente significativa. No segundo regime, a variação de 1% nas assinaturas de banda larga fixa está associada a um aumento de 0,494% no PIB per capita. Já no terceiro regime, essa relação é um pouco mais atenuada, implicando um aumento de 0,257% no PIB per capita para cada variação de 1% nas assinaturas de banda larga fixa.

Esses resultados corroboram as conclusões de Toader et al. (2018), sugerindo que, em contextos de países com níveis específicos de PIB per capita (segundo e terceiro regimes), a presença de assinaturas de banda larga fixa está associada a impactos positivos no crescimento econômico. Isso pode ser interpretado no sentido de que, em economias mais desenvolvidas e com maior poder aquisitivo (como as presentes nos regimes mencionados), a infraestrutura de banda larga fixa pode desempenhar um papel mais significativo na promoção do crescimento econômico, possivelmente facilitando a inovação, o acesso a informações e a eficiência produtiva.

A variável “Assinaturas de Celulares” exibe uma relação positiva e consistente nos três regimes analisados, revelando impactos de 0,197%, 0,161%, e 0,162% nos regimes 1, 2 e 3, respectivamente. Esse padrão de resultados sugere que, independentemente do nível de desenvolvimento econômico dos países (expresso pelos regimes), um aumento nas assinaturas de celulares está associado positivamente ao crescimento econômico. Em outras palavras, um incremento de 1% nas assinaturas de celulares está relacionado a aumentos de 0,197%, 0,161%, e 0,162% no PIB per capita nos três regimes, respectivamente.

Esses achados estão respaldados por estudos anteriores, como o de Toader et al. (2018), que identificou que um aumento de 10% nas assinaturas de celular contribuiria significativamente para o PIB per capita em países da União Europeia. Além disso, Haftu (2019) também sustenta esses

resultados, apontando que um aumento de 10% nos assinantes de telefonia celular está associado a um aumento de 1,2% na renda per capita do PIB.

A interpretação desses resultados pode envolver a consideração de que a expansão da telefonia celular pode ter efeitos positivos no desenvolvimento econômico. Isso pode ser atribuído ao papel fundamental que a comunicação móvel desempenha na conectividade, acesso a informações e na facilitação de transações comerciais, contribuindo assim para o crescimento econômico.

Na análise dos resultados, conforme evidenciado na Tabela 3, destacam-se as relações entre as variáveis estudadas e o PIB. A variável Comércio mantém uma relação negativa e estatisticamente significativa com o PIB, indicando a influência dessa variável na dinâmica econômica dos países. O coeficiente da variável desemprego revela uma relação negativa e estatisticamente significativa nos três regimes, sugerindo uma associação consistente entre o nível de desemprego e o PIB per capita. A variável Despesas também revela uma relação negativa e estatisticamente significativa nos três regimes analisados, destacando a importância do papel das despesas governamentais na economia.

No entanto, ao analisar a variável Assinaturas de Banda Larga Fixa nos países do primeiro regime, não se observa significância estatística, enquanto nos países do segundo regime, a variável revela uma relação positiva e estatisticamente significativa. A variável “Assinaturas de Celulares” exibe uma relação positiva e consistente nos três regimes analisados, reforçando a importância da conectividade móvel para o crescimento econômico. Esses resultados contribuem para uma compreensão mais abrangente das relações entre as variáveis estudadas e o PIB per capita nos diferentes contextos econômicos.

Conclusões

Em síntese, esta pesquisa propôs uma análise abrangente dos efeitos da infraestrutura das Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs) no crescimento econômico global, abordando uma amostra de 122 países ao longo do período de 2005 a 2017. A metodologia adotada, em conformidade com a proposta de Hansen (1999), possibilitou a segmentação da amostra com base no PIB per capita, revelando impactos distintos das TICs no crescimento econômico, variando conforme o valor *threshold* específico de cada país.

Os resultados empíricos destacaram o impacto positivo e significativo das assinaturas móveis de celular e do acesso a assinaturas de banda larga fixa no crescimento econômico, sugerindo a relevância das TICs para o aumento da renda per capita. Todavia, é essencial ressaltar que o incremento no PIB per capita não apresenta automaticamente correlação com a redução da pobreza, corroborando estudos prévios (Haftu, 2019; Stanley et al., 2018; Armeanu et al., 2018).

A variação nas relações identificadas nos três regimes de *threshold* delineados evidenciou nuances nas implicações das TICs em diferentes estratos econômicos. Por exemplo, a banda larga não demonstrou significância estatística nos países do primeiro regime, enquanto os do segundo regime apresentaram coeficientes mais expressivos em comparação com os do terceiro regime. O mesmo padrão foi observado para as assinaturas móveis de celulares, ressaltando variações nos impactos das TICs.

Adicionalmente, a análise dos fatores macroeconômicos, como comércio, desemprego e despesas de consumo final das administrações públicas, revelou que o comércio afeta negativamente os países dos dois primeiros regimes, enquanto não influencia os do terceiro regime. O desemprego demonstrou impacto significativo nos países do segundo regime em comparação com os demais. As despesas de consumo final das administrações públicas afetaram negativamente todos os regimes, com efeito decrescente à medida que o PIB per capita aumenta.

As implicações teóricas deste estudo enriquecem o campo econômico ao desafiar modelos tradicionais, evidenciando a complexidade das relações entre infraestrutura de TICs e crescimento econômico. A identificação de três regimes de *threshold* destaca a necessidade de abordagens mais flexíveis e adaptáveis ao formular teorias, considerando a diversidade econômica. Os efeitos diferenciados dos fatores macroeconômicos nos regimes *threshold* desafiam simplificações teóricas, ressaltando a importância de teorias que abordem a complexidade das interações.

No âmbito prático, as conclusões direcionam políticas efetivas. Recomenda-se que governos e formuladores de políticas priorizem investimentos em infraestrutura de TICs, especialmente em assinaturas móveis de celular e banda larga fixa, para estimular o crescimento econômico em determinados estratos econômicos. A compreensão de que o comércio afeta negativamente em certos regimes *threshold* aponta para a necessidade de políticas comerciais adaptadas, destacando a importância de abordagens diferenciadas. A ênfase em estratégias para redução do desemprego nos países identificados como parte do segundo regime *threshold* orienta esforços para abordar questões específicas do mercado de trabalho em diferentes contextos econômicos.

As contribuições para o conhecimento científico são significativas, refinando modelos que exploram a relação entre TICs e crescimento econômico. A abordagem inovadora, ao incorporar a ideia de *threshold*, inspira potenciais pesquisas adicionais que explorem nuances semelhantes em contextos diversos. A validação empírica da relevância das TICs para o crescimento econômico global fortalece a base empírica no campo da economia e tecnologia.

As conclusões práticas, aplicáveis na formulação de políticas econômicas e de tecnologia, promovem o desenvolvimento de políticas baseadas em evidências, alinhando a teoria econômica com as necessidades práticas dos países em diferentes estágios de desenvolvimento.

Apesar da contribuição substancial deste estudo, é imperativo reconhecer suas limitações, especialmente relacionadas às dificuldades no acesso a dados completos de países ao longo do tempo. Recomenda-se, portanto, que pesquisas futuras aprofundem essa temática, utilizando o modelo *threshold* aplicado neste trabalho para permitir novas segmentações, contribuindo assim para o avanço do conhecimento em uma área em constante evolução.

Referências bibliográficas

ARMEANU, D.; VINTILĂ, G.; GHERGHINA, Ș. Empirical study towards the drivers of sustainable economic growth in EU-28 countries. *Sustainability*, v. 10, n. 1, p. 4, 2018.

BAHRINI, R.; QAFFAS, A. Impact of information and communication technology on economic growth: evidence from developing countries. *Economies*, v. 7, n. 1, p. 21, 2019.

- CASTALDO, A.; FIORINI, A.; MAGGI, B. Measuring (in a time of crisis) the impact of broadband connections on economic growth: an OECD panel analysis. *Applied Economics*, v. 50, n. 8, p. 838-854, 2018.
- EDQUIST, H.; GOODRIDGE, P.; HASKEL, J.; LI, X.; LINDQUIST, E. How important are mobile broadband networks for the global economic development? *Information Economics and Policy*, v. 45, p. 16-29, 2018.
- HAFTU, G. G. Information communications technology and economic growth in Sub-Saharan Africa: a panel data approach. *Telecommunications Policy*, v. 43, n. 1, p. 88-99, 2019.
- HAHS-VAUGHN, D. L. *Applied multivariate statistical concepts*. Routledge, 2016.
- HANSEN, B. E. Threshold effects in non-dynamic panels: estimation, testing, and inference. *Journal of Econometrics*, v. 93, n. 2, p. 345-368, 1999.
- ITU. International Telecommunication Union. In: WORLD TELECOMMUNICATION DEVELOPMENT CONFERENCE, 2017.
- KEYNES, John Maynard. The general theory of employment. *The Quarterly Journal of Economics*, v. 51, n. 2, p. 209-223, 1937.
- KEYNES, John M. Teoria geral do emprego, do juro e da moeda. São Paulo: Editora Saraiva, 2012. E-book. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788502180369/>. Acesso em: 17 nov. 2023.
- KIM, S. H. The effect of ICT investment on economic growth in the United States: a smooth time-varying cointegration approach. *International Information Institute, Tokyo, Information*, v. 18, n. 1, p. 187, 2015.
- LAM, P. L.; SHIU, A. Economic growth, telecommunications development and productivity growth of the telecommunications sector: evidence around the world. *Telecommunications Policy*, v. 34, n. 4, p. 185-199, 2010.
- LATIF, Z.; LATIF, S.; XIMEI, L.; PATHAN, Z. H.; SALAM, S.; JIANQIU, Z. The dynamics of ICT, foreign direct investment, globalization and economic growth: panel estimation robust to heterogeneity and cross-sectional dependence. *Telematics and Informatics*, v. 35, n. 2, p. 318-328, 2018.
- LEE, G. W.; SHAO, B.; VINZE, A. The role of ICT as a double-edged sword in fostering societal transformations. *Journal of the Association for Information Systems*, v. 19, n. 3, p. 1, 2018.
- MANKIW, N G. Princípios de macroeconomia. Tradução da 6ª edição norte-americana. São Paulo: Cengage Learning Brasil, 2017. E-book. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788522116256/>. Acesso em: 14 nov. 2023.
- NIEBEL, T. ICT and economic growth—Comparing developing, emerging and developed countries. *World Development*, v. 104, p. 197-211, 2018.

PRADHAN, R. P.; ARVIN, M. B.; HALL, J. H.; BENNETT, S. E. Mobile telephony, economic growth, financial development, foreign direct investment, and imports of ICT goods: the case of the G-20 countries. *Economia e Politica Industriale*, v. 45, n. 2, p. 279-310, 2018.

PRADHAN, R. P.; MALLIK, G.; BAGCHI, T. P. Information communication technology (ICT) infrastructure and economic growth: a causality evinced by cross-country panel data. *IIMB Management Review*, v. 30, n. 1, p. 91-103, 2018a.

SEPEHRDOUST, H. Impact of information and communication technology and financial development on economic growth of OPEC developing economies. *Kasetsart Journal of Social Sciences*, 2018.

SOLOW, Robert M. A contribution to the theory of economic growth. *The Quarterly Journal of Economics*, v. 70, n. 1, p. 65-94, 1956.

STANLEY, T. D.; DOUCOULIAGOS, H.; STEEL, P. Does ICT generate economic growth? a meta-regression analysis. *Journal of Economic Surveys*, v. 32, n. 3, p. 705-726, 2018.

TOADER, E.; FIRTESCU, B. N.; ROMAN, A.; ANTON, S. G. Impact of information and communication technology infrastructure on Economic Growth: An empirical assessment for the EU countries. *Sustainability*, v. 10, n. 10, p. 3750, 2018.

WORLD BANK. *The little data book on information and communication technology*. World Bank Publications, 2018.

WORLD BANK. *World development indicator*. Washington, DC: World Bank, 2018a.

Apêndice

122 países conforme regimes (1, 2, 3)

Regime 1	Regime 2	Regime 3
PIB per capita \leq US\$ 2.673,79	US\$ 2.673,79 < PIB per capita \leq US\$ 11.183,73	PIB per capita > US\$ 11.183,73
Croatia	Sudan	Malawi
Poland	Philippines	Niger
Hungary	Morocco	Mozambique
Oman	Bolivia	Madagascar
Chile	Tunisia	Somalia
Uruguay	Mongolia	Afghanistan
Lithuania	Indonesia	Uganda
Slovak Republic	Kosovo	Liberia
Greece	Georgia	Gambia, The
Estonia	Algeria	Guinea-Bissau
Czech Republic	Sri Lanka	Rwanda
Saudi Arabia	Angola	Haiti
Portugal	Jordan	Ethiopia
Slovenia	Azerbaijan	Tajikistan
Cyprus	Samoa	Guinea
Malta	Guatemala	Nepal
Spain	Albania	Tanzania
France	Guyana	Mauritania
United Kingdom	Belize	Lesotho
Israel	Iraq	Comoros
United Arab Emirates	Jamaica	Senegal
New Zealand	Namibia	Zimbabwe
Belgium	Suriname	Cambodia
Germany	Iran, Islamic Rep.	Cameroon
Canada	Belarus	Zambia
Finland	Paraguay	Bangladesh
Hong Kong SAR, China	Serbia	Uzbekistan
Austria	Libya	Pakistan
Netherlands	South Africa	Kenya
Sweden	Ecuador	Djibouti
Australia	Colombia	Nigeria

Continua...

Continuação

Regime 1	Regime 2	Regime 3
PIB per capita \leq US\$ 2.673,79	US\$ 2.673,79 < PIB per capita \leq US\$ 11.183,73	PIB per capita > US\$ 11.183,73
Denmark	Thailand	India
Singapore	Montenegro	Ghana
United States	Bulgaria	Solomon Islands
Ireland	China	Nicaragua
Iceland	Mexico	Timor-Leste
Norway	Equatorial Guinea	Vietnam
Switzerland	Brazil	Egypt, Arab Rep.
	Malaysia	Ukraine
	Granada	
	Mauritius	
	Turkey	
	Russian Federation	
	Romania	
	Maldives	

EDITOR RESPONSÁVEL PELA AVALIAÇÃO

Carolina Troncoso Baltar