

ESFORÇO EM PESQUISA E DESENVOLVIMENTO E CRESCIMENTO ECONÔMICO NO BRASIL

Roberto Ellery Jr¹

Antônio Nascimento Junior²

Resumo

O artigo explora a relação entre investimento em pesquisa e desenvolvimento e crescimento econômico. É realizada uma análise do esforço de pesquisa e investimento no Brasil e da eficiência desse esforço em relação aos de países selecionados da América Latina e países do BRICS. A taxa de investimento em pesquisa em desenvolvimento no Brasil é alta em relação aos países dos grupos de comparação, mas o mesmo não pode ser dito da medida de eficiência. Por fim, são feitas regressões com dados em painel para avaliar o impacto dos gastos em pesquisa e desenvolvimento no crescimento, não foi encontrado efeito robusto.

Palavras-chave: Crescimento econômico; Desenvolvimento; BRICS.

Abstract

The article explores the relationship between investment in research and development and economic growth. An analysis of the research and investment effort in Brazil and the efficiency of this effort in relation to selected countries in Latin America and BRICS countries is carried out. The rate of investment in research and development in Brazil is high compared to the countries in the comparison groups, but the same cannot be said of the efficiency measure. Finally, panel data regressions are performed to assess the impact of spending on research and development on growth, no robust effect was found.

Keywords: Economic growth; Development; BRICS.

1. Introdução

Inovação e crescimento estão fortemente interligados e cada um pode impulsionar o outro. Inovação é o processo de criação de novas ideias, produtos ou serviços que fornecem melhores soluções para problemas ou necessidades existentes. Muitas vezes, é considerado o principal impulsionador do crescimento e desenvolvimento econômico, pois alimenta novas indústrias, cria empregos e melhora os padrões de vida. Ao desenvolver e implementar novas ideias, as empresas podem obter uma vantagem competitiva, aumentar a eficiência e a produtividade e expandir seu alcance de mercado. Isso, por sua vez, pode levar a maiores lucros e criação de empregos, o que alimenta ainda mais o crescimento econômico.

Romer (1990) e Aghion e Howitt (1992) apresentam os modelos de referência para a relação entre crescimento econômico e esforço de pesquisa e desenvolvimento. Esses modelos são caracterizados por uma economia onde empresas que atuam no setor de produção de bens intermediários inovam para

¹ Departamento de Economia, Universidade de Brasília, ellery@unb.br

² Departamento de Administração, Universidade de Brasília, anjunior@unb.br

manter ou obter poder de mercado sobre a produção de insumos que serão utilizados na produção de bens finais. Entre as implicações dos modelos destaca-se a que mostra que a taxa de crescimento da economia depende, entre outras coisas, das inovações obtidas pelo setor de pesquisa e tais inovações serão tão mais frequentes quanto maiores os recursos destinados a esse setor. Nos modelos investimento e P&D causa um maior número de inovações que, por sua vez, causam um maior crescimento da produtividade que, por fim, leva a um maior crescimento da economia.

Entretanto existem dificuldades para adoção de tecnologia que não estão diretamente relacionadas ao investimento em pesquisa e desenvolvimento (P&D), isso faz com que a criação de um novo produto ou processo não significa que esse produto ou processo será incorporado à economia ainda que possa levar a ganhos de produtividades. Essas barreiras à entrada são de várias naturezas e podem quebrar a relação entre gasto com P&D, inovação, produtividade e crescimento econômico.

Uma das barreiras mais significativas à entrada é o custo financeiro da inovação e do crescimento. Muitas vezes, pequenas empresas e startups carecem de recursos para investir em pesquisa e desenvolvimento, marketing e outras infraestruturas necessárias para ampliar suas operações. Isso pode limitar sua capacidade de inovar e crescer. Outro tipo de barreira ocorre por conta de regulações. Certos setores são fortemente regulamentados, o que pode dificultar a entrada de novas empresas no mercado. Por exemplo, setores como saúde, energia e telecomunicações exigem conformidade regulatória, licenciamento e certificação significativos. Isso pode criar grandes barreiras à entrada, especialmente para pequenas empresas. As leis de propriedade intelectual também podem limitar a inovação e o crescimento. As leis de patentes e direitos autorais podem restringir o acesso a determinadas tecnologias, produtos ou serviços, dificultando a entrada de concorrentes no mercado. Isso pode limitar o ritmo da inovação e sufocar a concorrência.

Em certas indústrias, pode haver efeitos de rede significativos que favorecem as empresas incumbentes. Por exemplo, plataformas de mídia social, sistemas de pagamento e outras plataformas digitais geralmente se beneficiam dos efeitos de rede, o que pode dificultar a entrada de novos participantes no mercado. A inovação e o crescimento requerem trabalhadores qualificados que possuam os conhecimentos técnicos e gerenciais necessários. Em certos setores, pode haver escassez de mão de obra qualificada, o que pode dificultar o recrutamento e a retenção de talentos de novos players para inovar e crescer.

Parente e Prescott (2002) argumentam que a produtividade está associada adoção tecnológica que, por sua vez, está associada à competição que pode ser comprometida pela presença de barreiras à entrada. A prescrição de política em Parente e Prescott (2002) é:

“To improve living standards, governments of poor countries must stop protecting monopoly rights of industry insiders with vested interests in the current production processes, as well as stop granting new monopoly rights in the future. If the constraints that prevent firms in the poor countries from using readily available technologies and efficient work practices are eliminated, growth miracles will ensue, and the cross-country differences in income levels will be of the order of magnitude of regional differences within countries.

Governments can stop protecting these monopoly rights by promoting competition. If there is intense competition, industry insiders with the right to block efficient production will never exercise this right, because to do so, would spell the end of their industry. Moreover, if there is intense competition, a government is less likely to grant these rights in the future. This is because groups of factor suppliers are also less likely to make investments to try to obtain these rights. If an industry is facing competition, there are no rents, and without these rents, there is little incentive for groups of factor suppliers to organize and lobby the state.”

A competição incentiva empresas a usar tecnologias mais produtivas e dificulta a criação de lobbies para defender interesses das empresas operando no mercado. A relação entre competição e produtividade é amplamente discutida e documentada na literatura. Aghion et al (2005) argumentam que a relação entre competição e inovação tem o formato de U invertido. A competição encoraja a inovação em firmas próximas à fronteira, mas desencoraja em firmas que usam tecnologias antigas. Também argumentam que diferentes níveis de competição levam a diferentes composições da indústria entre firmas usando tecnologia de ponta e firmas usando tecnologias defasadas

Na próxima seção será analisado o esforço de pesquisa e desenvolvimento no Brasil em comparação com outros países. A terceira seção trata da produtividade e da eficiência do setor de pesquisa. A quarta seção discute e estima o modelo empírico e na quinta seção são apresentadas as considerações finais.

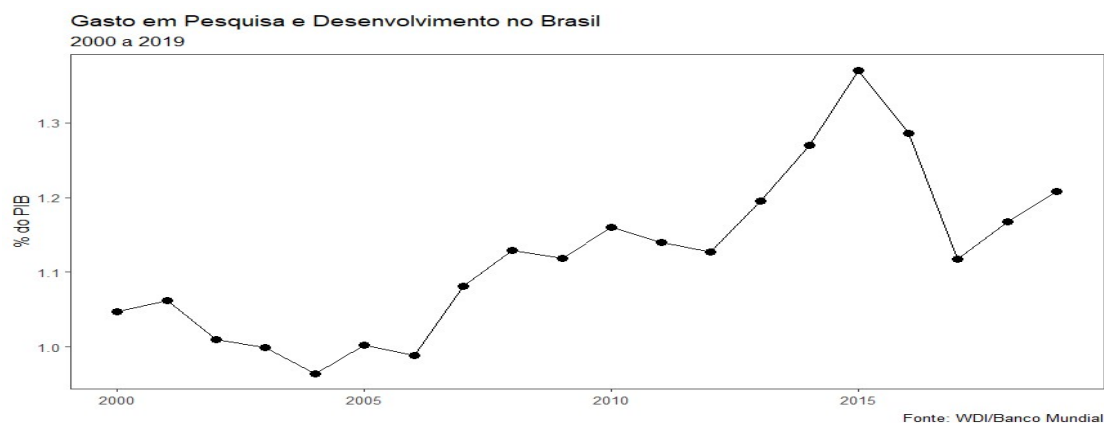
2. Esforço em pesquisa e desenvolvimento no Brasil

Para avaliar o gasto em pesquisa e desenvolvimento no Brasil foram utilizados os dados do Banco Mundial referentes ao período 2000 a 2019. Como nas próximas seções serão feitas comparações com outros países é recomendável usar dados de bases internacionais, daí a escolha por usar dados do Banco Mundial e não de fontes locais. O período foi determinado pela disponibilidade de dados.

A Figura 1 mostra a taxa de investimento em P&D no Brasil, essa taxa é definida como o gasto em P&D dividido pelo PIB. É visível o aumento do esforço para investir em P&D a partir de meados da primeira década do século. Em 2004 o Brasil destinou a P&D o equivalente a 0,96% do PIB, em 2015 essa taxa alcançou 1,37%, o maior valor da série. A crise econômica e fiscal que começou em 2014 reverteu o crescimento da taxa de investimento em P&D no Brasil. Em 2017 o gasto em P&D foi de 1,12% do PIB, baixo em comparação aos anos

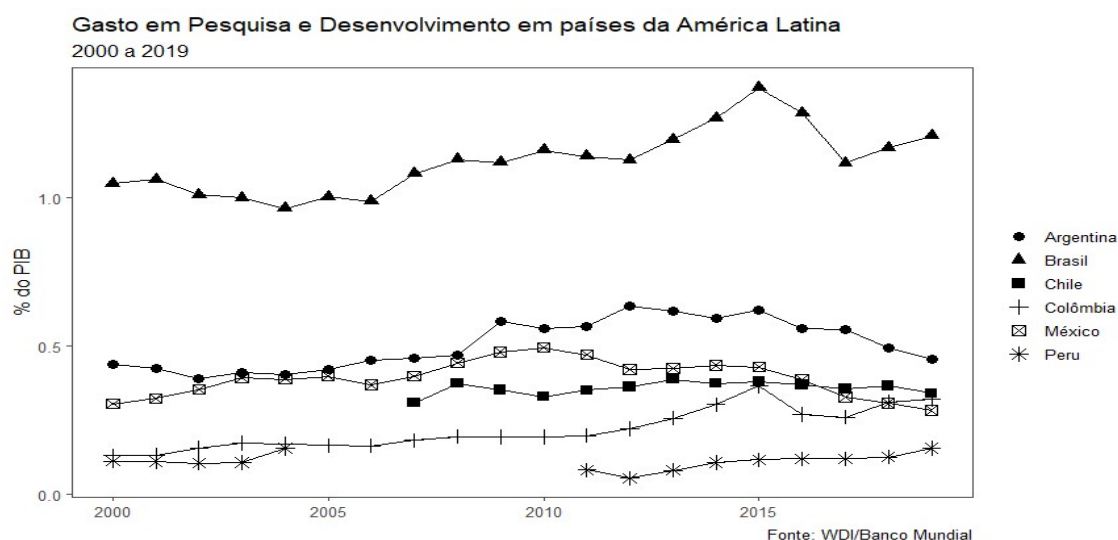
anteriores, porém no nível que estava entre 2008 e 2012, e acima dos primeiros anos do século XXI. Desta forma, embora a crise da segunda década do século XXI tenha afetado o esforço de P&D, a taxa de investimento em pesquisa e desenvolvimento permaneceu acima da observada no começo da série.

Figura 1: Gasto em pesquisa e desenvolvimento no Brasil



Na comparação com países da América Latina, especificamente Argentina, Chile, Colômbia, México e Peru, a taxa de investimento em P&D no Brasil se destaca bem acima da dos demais países. Na média entre 2000 e 2019, o Brasil destinou 1,12% do PIB para P&D, a Argentina destinou 0,51% do PIB, o México 0,39%, o Chile 0,36%, a Colômbia 0,22% e o Peru 0,11%. Se consideramos apenas o período entre 2015 e 2019, últimos cinco anos da amostra, o percentual do PIB destinado a P&D foi de 1,23% no Brasil, 0,54% na Argentina, 0,35% no México, 0,37% no Chile, 0,31% na Colômbia e 0,13% no Peru. A Figura 2 mostra a taxa de investimento em P&D no Brasil e nos países selecionados da América Latina.

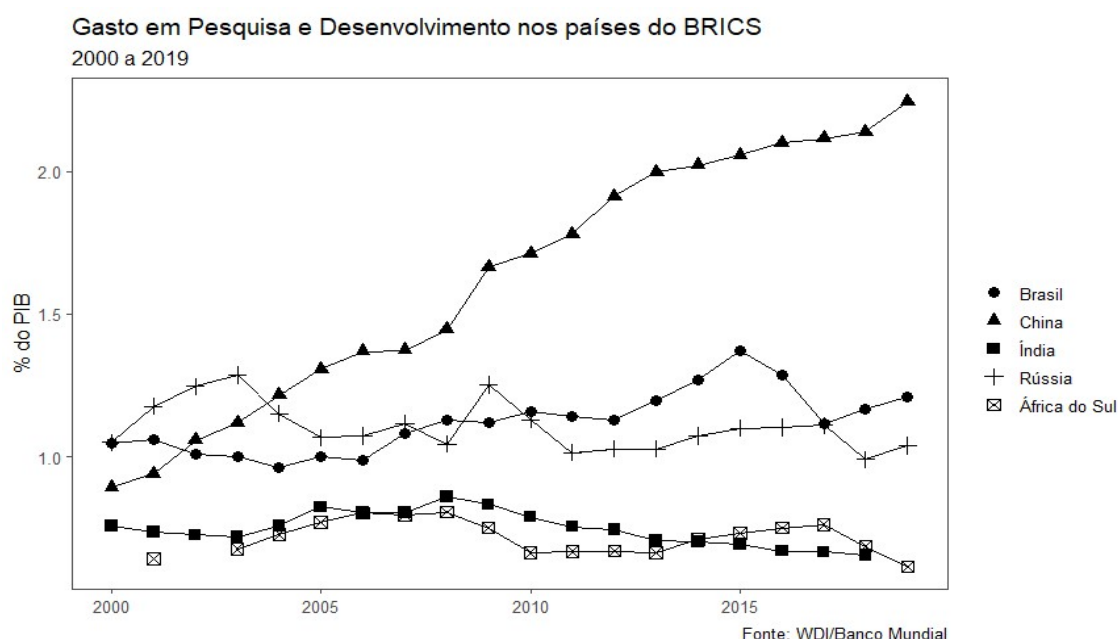
Figura 2: Gasto em pesquisa e desenvolvimento em países da América Latina



Se o grupo de comparação for os países do BRICS, apenas a China apresenta uma taxa de investimento em P&D maior do que a do Brasil. Isso ocorre porque a China apresentou uma tendência de alta no esforço de P&D. No

ano de 2000, a China destinou 0,89% do PIB para P&D, menos do que o Brasil e a Rússia com 1,05% cada. Em 2019 a taxa de investimento em P&D na China foi de 2,24% contra 1,21% no Brasil e 1,04% na Rússia. Tomando a média de todo o período, o que pode ser enganoso no caso da China por conta da tendência de alta, a maior taxa de investimento em P&D foi na China, 1,62%, seguida por Brasil, 1,12%, Rússia, 1,10%, Índia, 0,75% e África do Sul, 0,72%. Considerando apenas os últimos cinco anos da amostra a média do gasto em P&D como proporção do PIB foi de 2,13% na China, 1,23% no Brasil, 1,07% na Rússia, 0,71% na África do Sul e 0,67% na Índia. A Figura 3 mostra a taxa de investimento em P&D nos países do BRICS entre 2000 e 2019.

Figura 3: Gasto em pesquisa e desenvolvimento nos países do BRICS



Como pode ser visto, o esforço de pesquisa e desenvolvimento no Brasil, medido pelo percentual do PIB destinado ao setor, é alto em comparação aos países da América Latina e só fica atrás da China dentre os países do BRICS. Considerando os países de renda média alta, classificação do Banco Mundial, com mais de dez milhões de habitantes em 2000 e com dados de taxa de investimento em P&D disponíveis no período³, o percentual do PIB destinado a P&D no Brasil ficou abaixo apenas da China e da Malásia. A média da taxa de investimento nesse grupo de países foi de 0,68% e a mediana foi de 0,54%, ambas bem menor do que os 1,23% observados no Brasil.

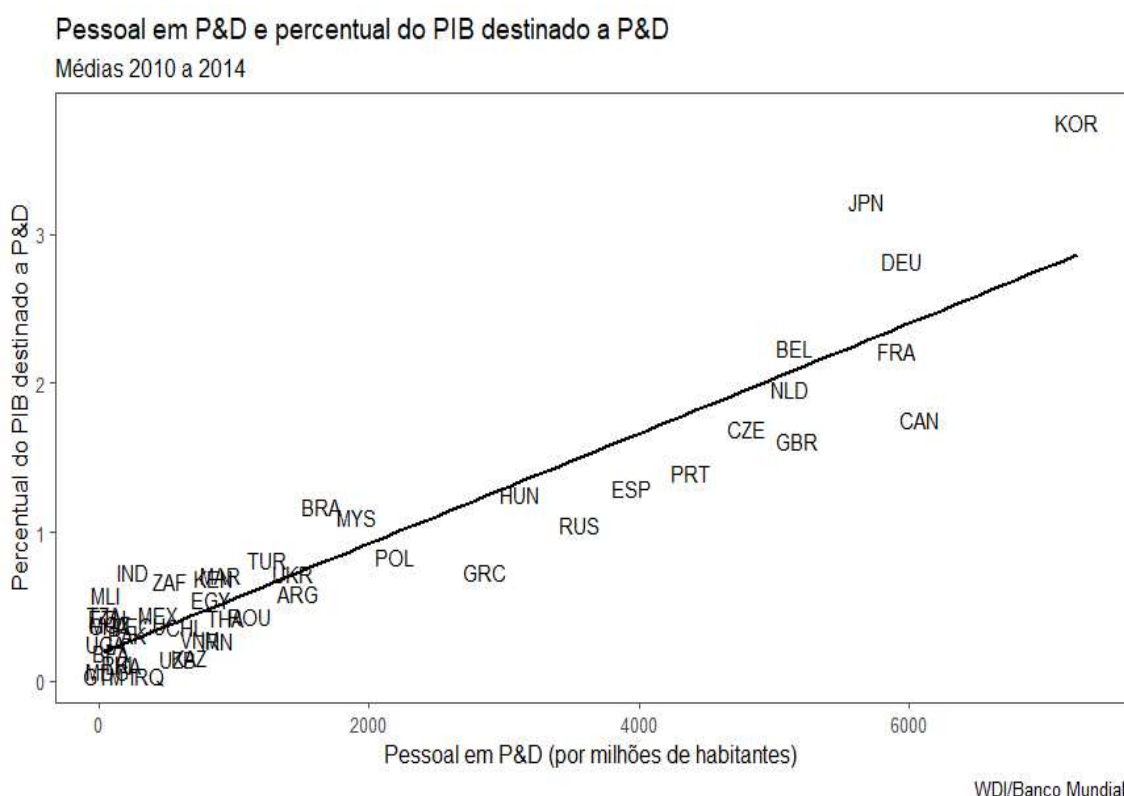
No grupo dos países ricos, ainda de acordo com a classificação do Banco Mundial, a média da taxa de investimento em P&D foi de 1,90% e a mediana foi de 1,67%, ambas maiores do que a observada no Brasil. Nesse grupo, Coreia do Sul, 4,28%, Japão, 3,19%, Alemanha, 3,04%, Estados Unidos, 2,94% e Bélgica, 2,73%, possuem taxa de investimento em P&D acima do dobro da

³ China, Malásia, Brasil, Rússia, Turquia, Tailândia, África do Sul, Argentina, Cuba, México, Colômbia, Cazaquistão, Peru, Iraque e Guatemala.

observada no Brasil. Comparada com os países ricos a taxa de investimento em P&D no Brasil fica próxima a da Espanha, 1,22%, acima das observadas na Grécia, 1,12%, Polônia, 1,11%, Romênia, 0,49% e Chile, 0,36%. Em resumo podemos dizer que a taxa de investimento em P&D do Brasil é alta se comparada a de países emergentes e baixa se comparada a de países ricos.

Uma outra medida de esforço de pesquisa é o pessoal envolvido em P&D. O Banco Mundial disponibiliza o número de pesquisadores e técnicos envolvidos em P&D por milhão de habitantes. Como os dados para o Brasil só cobrem o período de 2000 a 2014, foram considerados os últimos cinco anos com dados, 2010 a 2014, para um total de 47 países com mais de dez milhões e habitantes em 2000 e dados disponíveis. A comparação foi feita levando em conta a soma de técnicos e pesquisadores envolvidos em P&D, variável que será chamada de pessoal envolvido em P&D por milhão de habitantes. Como esperado, o pessoal envolvido em P&D apresenta correlação alta e significativa com o percentual do PIB destinado a P&D, a correlação foi de 92,6%. A Figura 4 mostra a relação entre as duas medidas de esforço em P&D.

Figura 4: Pessoal em P&D e percentual do PIB destinado a P&D



Dada a alta correlação das duas medidas de esforço de pesquisa não é surpresa que o Brasil tenha o maior número de pessoal engajado em P&D por habitante entre os países do grupo da América Latina. Depois dos 1.651 por milhão de habitantes do Brasil, aparecem os 1.476 da Argentina, 643 do Chile e 441 do México, os dados para Colômbia não estavam disponíveis. Cabe registro que enquanto o percentual do PIB destinado a P&D no Brasil é quase duas vezes maior do que na Argentina o pessoal por milhão é bem mais próximo nos dois

países. No grupo do BRICS, na Rússia, que tem um percentual do PIB destinado a pesquisa menor que o do Brasil, o pessoal engajado em pesquisa por milhão de habitantes é de 3.564, bem maior do que no Brasil. Na África do Sul são 526 por milhão de habitantes e na Índia o número é de 257 por milhão de habitante, os dados para China não estavam disponíveis. Na amostra inteira a média foi de 1.916 por milhão de habitantes e a mediana foi de 876.

Apesar de aparecer com destaque nas medidas de esforço de P&D, o Brasil não tem o mesmo desempenho nas medidas de produtividade. Esse é o tema da próxima seção.

3. Produtividade e eficiência do setor de pesquisa no Brasil

No quarto final do século XX a produtividade total dos fatores no Brasil entrou em um processo de declínio, após as reformas realizadas a partir de década de 90 o declínio foi substituído por uma lenta recuperação. A reversão da trajetória da produtividade não foi suficiente para estabelecer uma trajetória robusta de crescimento resultando em parcial abandono da agenda de reformas da década 90 e o retorno a políticas de estímulos na linha das usadas nas décadas de 50 a 70.

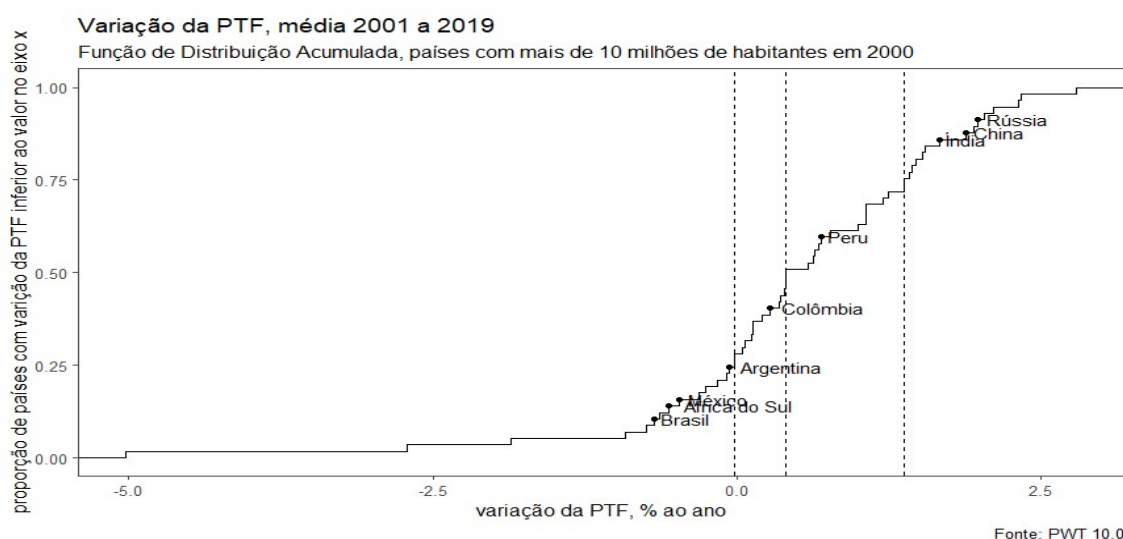
Em meados segunda década do século XXI, após uma série de estímulos para tentar retomar o crescimento, a economia brasileira entrou em crise. Assim como a década de 80 do século XX, a década de 10 do século XXI foi uma década perdida. Uma nova agenda de reformas inspirada nas reformas da década de 90 foi implementada, porém essa agenda foi interrompida pela pandemia de Covid-19.

Nesta seção será analisado o desempenho da produtividade total dos fatores e da produtividade do trabalho no Brasil entre 2001 e 2019, assim não serão considerados os efeitos da pandemia. Para fins de comparação será usada uma amostra de setenta e quatro países, que são os países disponíveis na PWT 10.0 com mais de dez milhões de habitantes em 2000. Destaque especial será dado aos países do BRICS e a alguns países da América Latina.

O primeiro exercício consiste na comparação da taxa de crescimento da PTF medida a preços constantes de cada país, dos setenta e quatro países da amostra original apenas cinquenta e sete tinham os dados de PTF disponíveis. O pior desempenho foi observado na Venezuela onde a PTF caiu 5,5% ao ano no período, o melhor desempenho ocorreu no Cazaquistão com crescimento anual médio de 2,8%. A média das taxas de crescimento foi de 0,5% e a mediana foi de 0,4% ao ano. No Brasil foi observada uma queda de 0,7% ao ano, o que nos coloca abaixo do primeiro quartil da amostra. Apenas 10,5% dos países da amostra tiveram um desempenho pior do que o do Brasil.

A Figura 5 mostra a função de distribuição acumulada da taxa de crescimento da PTF entre 2001 e 2019. Na figura são destacados alguns países para fins de comparação. Repare que o Brasil tem o pior desempenho entre os países do BRICS e entre os países selecionados da América Latina.

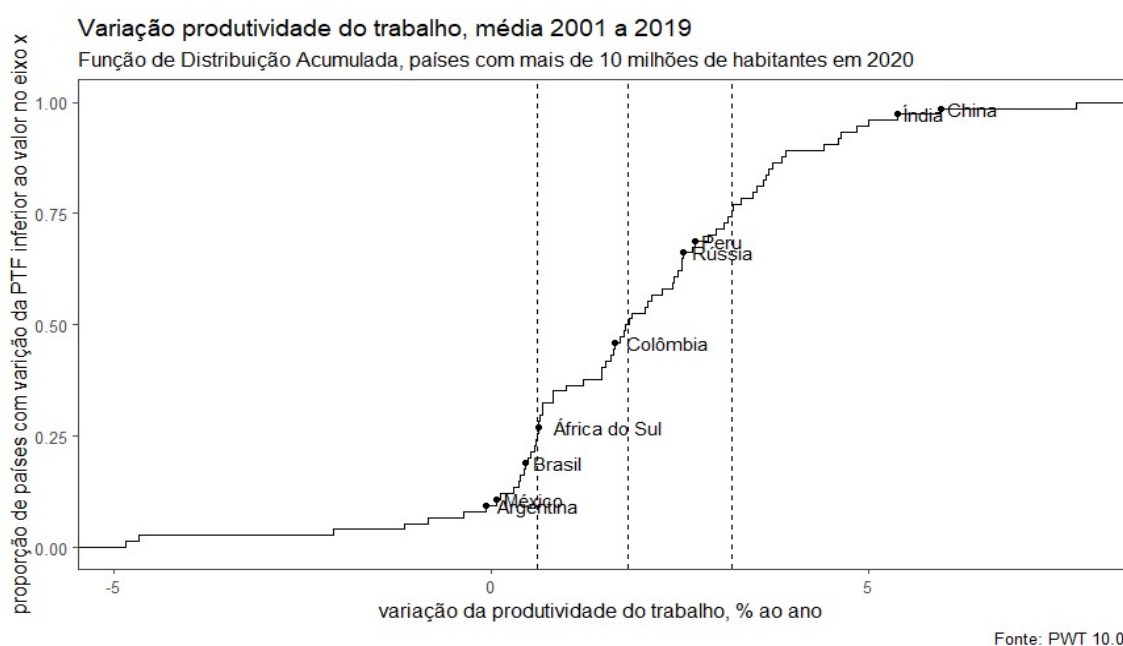
Figura 5: Crescimento da PTF



O segundo exercício considera a taxa de crescimento da produtividade do trabalho medida pela razão entre o PIB e número de pessoas engajadas na produção, nesse exercício a amostra ficou com setenta e quatro países. A média das taxas de crescimento foi de 1,88% ao ano e a mediana foi de 1,81% ao ano. O pior desempenho mais uma vez foi observado na Venezuela, queda de 4,9% ao ano, e o melhor em Myanmar com crescimento médio de 7,8% ao ano. No Brasil o crescimento foi de 0,5% ao ano, acima de apenas 17,5% dos países da amostra.

A Figura 6 mostra a função de distribuição acumulada da taxa de crescimento da produtividade do trabalho. O Brasil tem novamente o pior desempenho entre os países do BRICS, dos países selecionados da América Latina o desempenho do Brasil supera o do México e da Argentina.

Figura 6: Crescimento da produtividade do trabalho

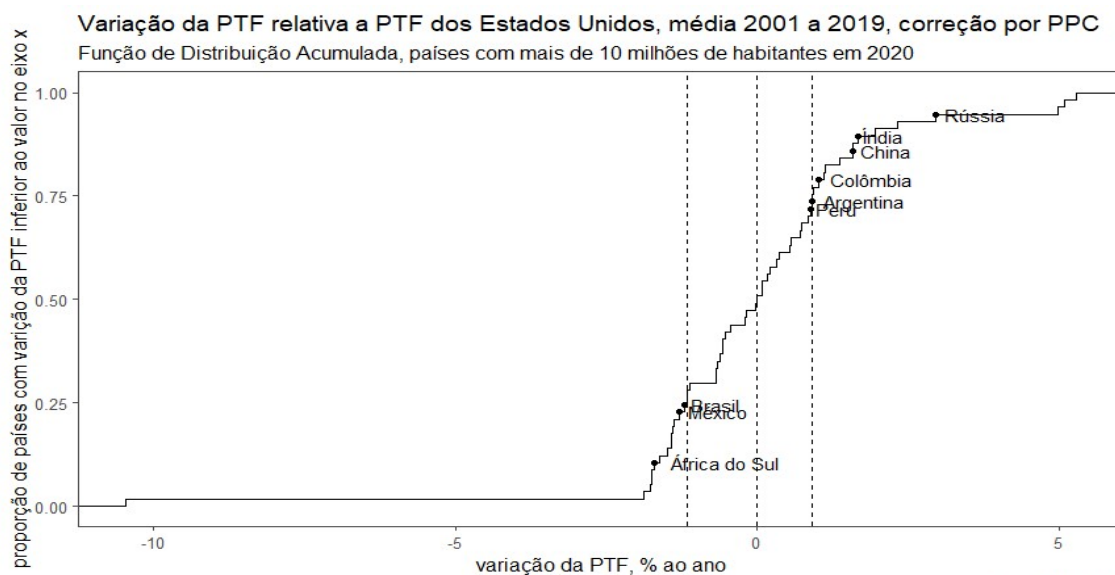


O terceiro exercício usa como medida a PTF relativa à dos Estados Unidos calculada com correção por paridade de poder de compra, a amostra é igual a do primeiro exercício e conta com cinquenta e quatro países. Como a medida é relativa aos Estados Unidos uma taxa positiva significa que a PTF do país, corrigida por PPC, cresceu mais do que a americana, valendo o contrário para taxas negativas.

A média das taxas de crescimento foi de 0,02% e a mediana foi 0, ou seja, tanto em termos de média como de mediana a PTF dos países da amostra acompanharam a dos Estados Unidos. No Brasil houve uma queda de 1,8% ao ano, aumentou a distância entre a PTF americana e brasileira nas primeiras décadas do século XXI. Na comparação com todos os países da amostra o Brasil ficou novamente abaixo do primeiro quartil com desempenho melhor do que o de 23% dos países.

A Figura 7 mostra a função de distribuição acumulada da taxa de crescimento da PTF em relação aos Estados Unidos com correção por PPC. No grupo dos BRICS apenas a África do Sul apresentou um crescimento menor do que o do Brasil, no grupo da América Latina ficamos à frente do México.

Figura 7: Crescimento da PTF relativa aos EUA



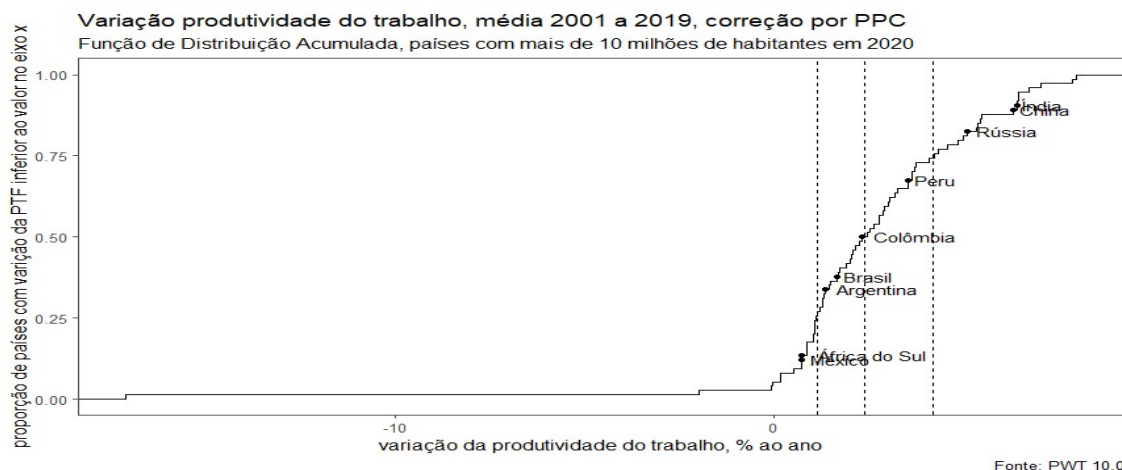
O último exercício de comparação de taxas de crescimento considera a produtividade de trabalho medida com o PIB deflacionado pelo produto e com correção por paridade de poder de compra. Foi utilizada a amostra completa com setenta e quatro países.

A média das taxas de crescimento foi de 2,6% ao ano e a mediana foi de 2,4% ao ano. No Brasil, a taxa de crescimento da produtividade do trabalho corrigida por PPC foi de 1,7%, abaixo da média e da mediana, porém, desta vez

acima do primeiro quartil. Em 36% dos países foi observada uma taxa de crescimento menor do que a brasileira.

A função de distribuição acumulada da taxa de crescimento da produtividade do trabalho corrigida por PPC está na Figura 8. No grupo dos BRICS o Brasil supera a África do Sul e no grupo da América Latina supera o México e a Argentina.

Figura 8: Crescimento da produtividade do trabalho com correção por PPC



Os quatro exercícios realizados nesta seção deixam claro o baixo crescimento da produtividade no Brasil. Apenas na medida de produtividade do trabalho corrigida por PPC o crescimento da produtividade no Brasil não ficou abaixo do primeiro quartil, em todas as medidas ficou abaixo da média e da mediana. Na comparação com os países do BRICS a taxa de crescimento da produtividade no Brasil foi a menor nos casos em que não foi feita a correção por PPC e ficou à frente apenas da África do Sul quando foi feita a correção. Em todas as medidas a taxa de crescimento da produtividade no Brasil ficou muito abaixo da observada na Índia, Rússia e China.

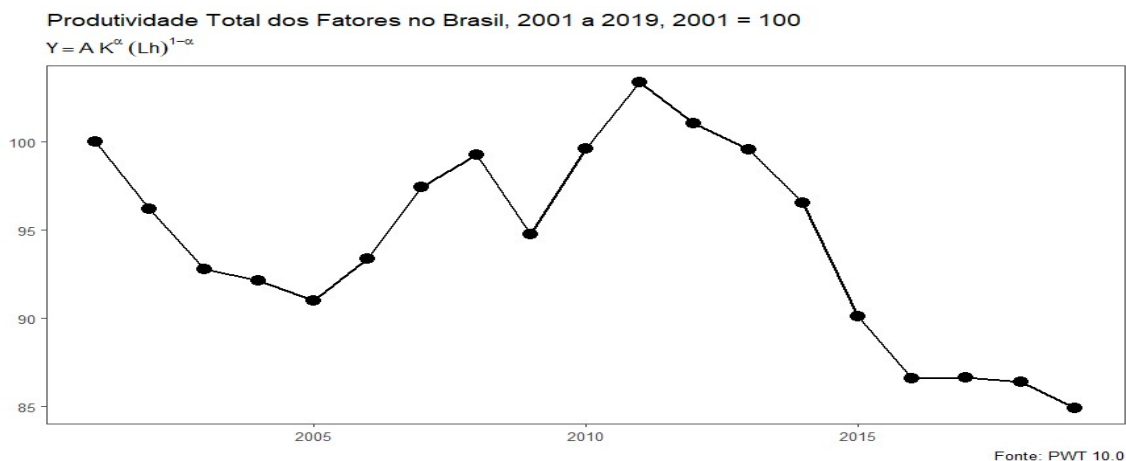
Na comparação com os países selecionados da América Latina o Brasil tem o pior desempenho na PTF sem correção por PPC, com a correção nosso crescimento supera apenas o do México. Na produtividade do trabalho o Brasil supera Argentina e México nos casos com e sem correção por PPC, mas tem desempenho pior do que Peru e Colômbia em todas as medidas.

3.1 Decomposição do Crescimento

Para realizar os exercícios de decomposição de crescimento para o Brasil, países do BRICS e países selecionados da América Latina a PTF foi calculada utilizando uma função de produção do tipo $Y = AK^\alpha (Lh)^{1-\alpha}$, onde Y é o PIB com correção por PPC e deflacionado pelo produto, A é a PTF, K é o estoque de capital, L as horas trabalhadas e h o capital humano. Todos os dados foram obtidos na PWT 10.0 e a participação da renda do capital na renda total, α , foi fixada em 0,4 para todos os países. Como o objetivo é analisar taxa de crescimento e não o nível, em todos os exercícios a PTF foi definida como 100 em 2001.

A Figura 9 mostra a PTF calculada para o Brasil. Há uma tendência de queda até 2005, a partir deste ano começa um crescimento que, com exceção de 2009 por conta da Crise de 2008, perdura até 2011. Na segunda década do século XXI é observada uma forte queda com sinais de estabilização, mas não de recuperação, a partir de 2016. Em 2019 ocorre uma nova queda.

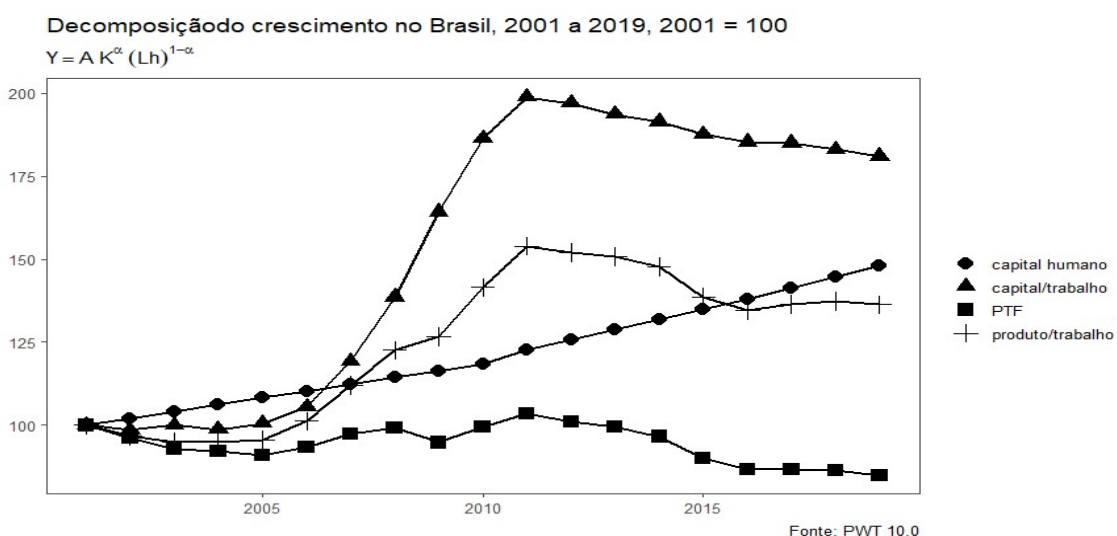
Figura 9: PTF no Brasil



Para realizar a decomposição do crescimento a função de produção será escrita como $Y/L = A(K/L)^{\alpha} h^{1-\alpha}$, de forma que o crescimento do produto por trabalhador será decomposto no crescimento da PTF, da relação capital trabalho ponderada por α e do capital humano ponderado por $1-\alpha$.

A Figura 10 mostra a decomposição do crescimento para o Brasil. O principal motor do crescimento é o aumento da relação capital trabalho, a PTF é a variável que menos contribui para o crescimento. Essa característica repete outros momentos de crescimento da economia brasileira que acabaram em década perdida o que é consistente com a tese de que a PTF é o principal motor de crescimento no longo prazo.

Figura 10: Decomposição do crescimento no Brasil



A Figura 11 mostra a PTF nos países do BRICS. A Rússia é a que tem o melhor desempenho com a PTF mais do que dobrando entre 2001 e 2019. China e Índia seguem uma trajetória semelhante com crescimento, em ambos a PTF em 2019 ficou mais que 50% maior do que a de 2001. No Brasil e na África do Sul a PTF em 2019 ficou menor do que em 2001, nos dois casos a queda da PTF não ocorre por conta de questões pontuais em 2019 e sim de uma tendência de queda na África do Sul e de estagnação no Brasil.

A análise da decomposição do crescimento nos países do BRICS mostra que a Rússia foi o único onde a PTF apareceu como o principal motor do crescimento. A relação capital trabalho sobre, mas menos do que a produtividade. Na China e na Índia a acumulação de capital aparece como principal fonte de crescimento, em ambos a relação capital produto cresceu mais do que o produto por trabalhador e bem mais do que a PTF. O quão sustentável é esse tipo de crescimento é questão extremamente relevantes, mas não é objeto de estudo desse trabalho.

A África do Sul tem um padrão semelhante ao observado no Brasil com a acumulação de capital como a principal fonte de crescimento da economia, porém o crescimento da relação capital trabalho, ao contrário de Índia e China, não se sustenta. Em termos teóricos a padrão de crescimento com base na acumulação de capital será consistente à longo prazo quando a presença de rendimentos decrescentes não reduz o retorno do capital até o ponto onde não há mais incentivos para acumulação. Se esse ponto nunca chegar, como acontece em modelos de crescimento do tipo AK, padrões de crescimento como o observado na Índia e na China podem perseverar no tempo, caso contrário, como nos modelos neoclássicos na linha de Solow, China e Índia podem seguir a dinâmica do Brasil e África do Sul. A Figura 12 mostra a decomposição do crescimento nos países do BRICS.

Figura 11: PTF nos países do BRICS

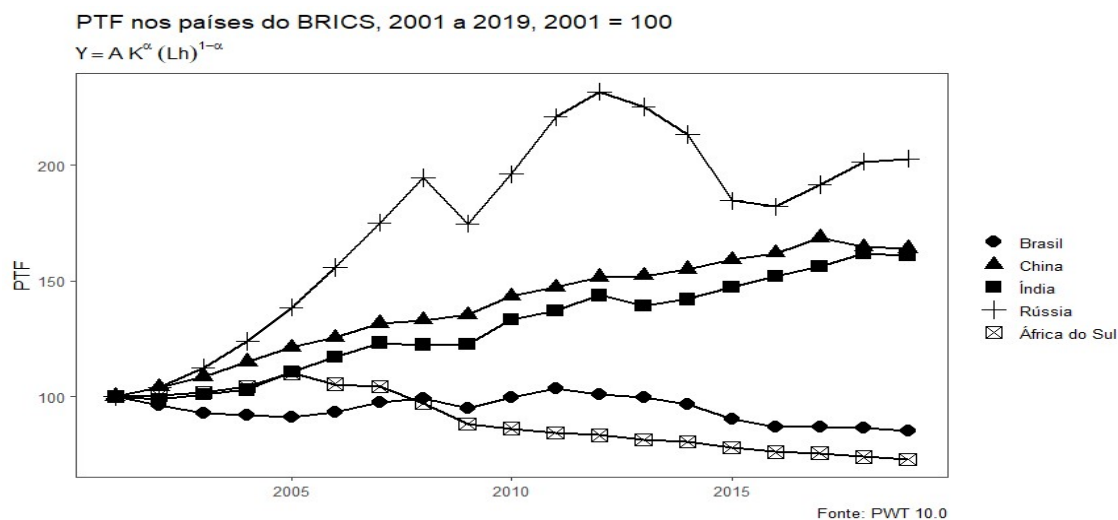
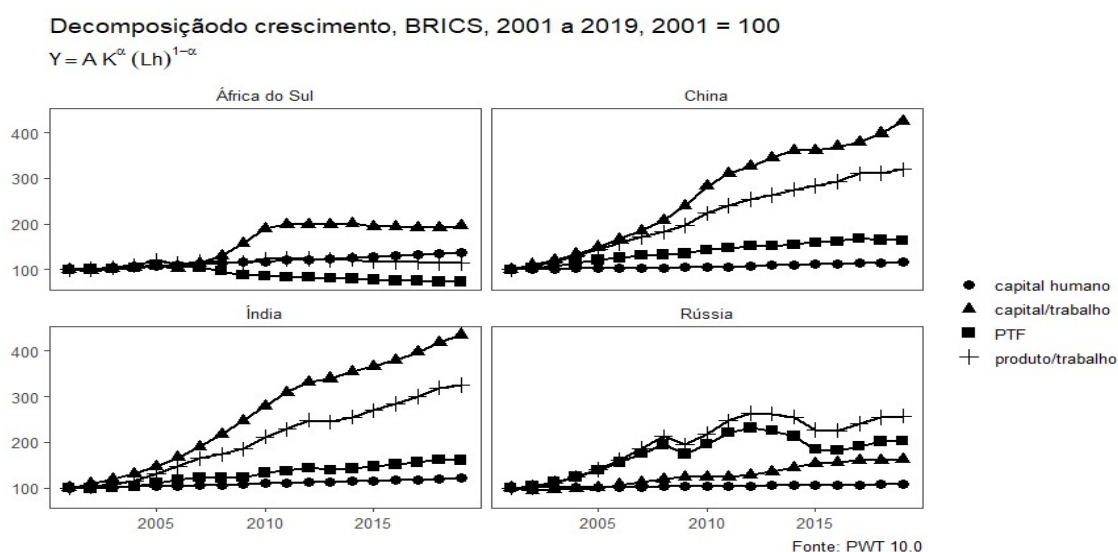
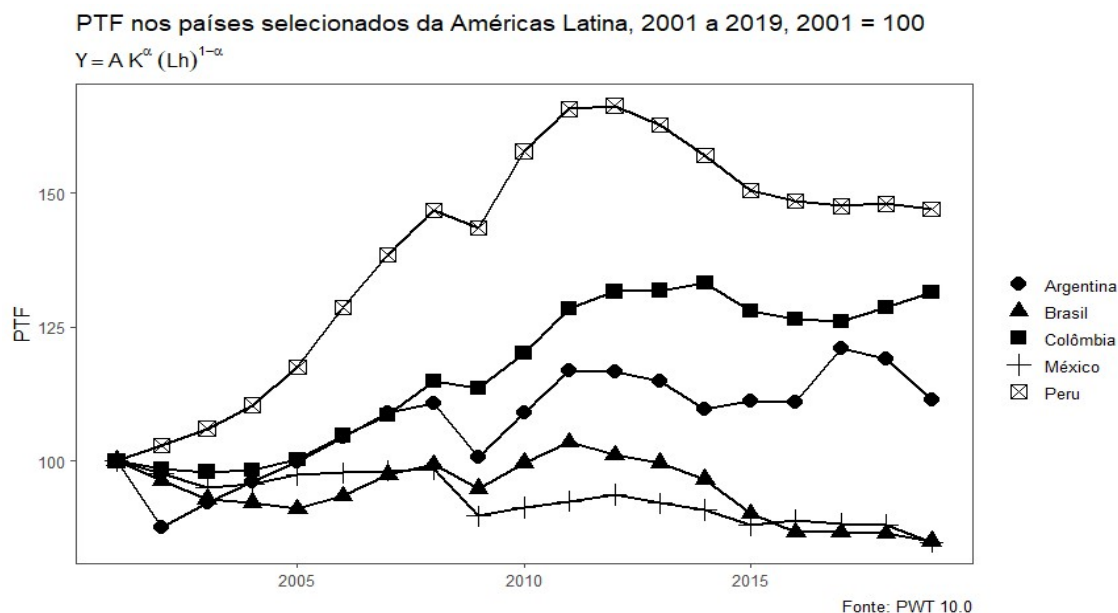


Figura 12: Decomposição do crescimento nos países do BRICS



Entre os países selecionados da América Latina, o Peru apresentou o melhor desempenho da PTF com ganhos de pouco mais de 50% no período entre 2001 e 2019. Colômbia e Argentina estão no grupo intermediário, com crescimento, porém menor que o do Peru. Nos últimos anos da amostra é observada uma queda da PTF na Argentina enquanto a da Colômbia continua crescendo. No Brasil e no México a PTF de 2019 é menor do que a de 2001.

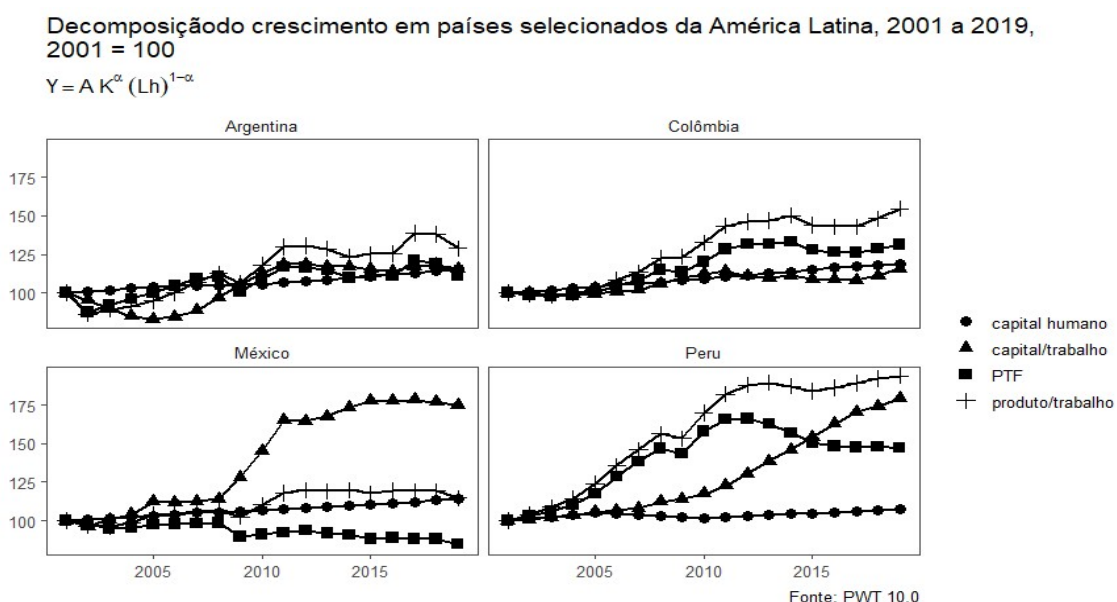
Figura 13: PTF em países da América Latina



A Figura 14 mostra a decomposição do crescimento nos países selecionados da América Latina. O México apresenta o mesmo padrão do Brasil e da África do Sul com o crescimento inicial da relação capital trabalho agindo como principal fonte de crescimento até o ponto que a relação fica estagnada. Na Colômbia a PTF é a principal fonte de crescimento, o mesmo acontece no

Peru até cerca de 2015 quando a relação capital trabalho passa a ser preponderante.

Figura 14: Decomposição do crescimento em países da América Latina



3.2. Decomposição do PIB per capita

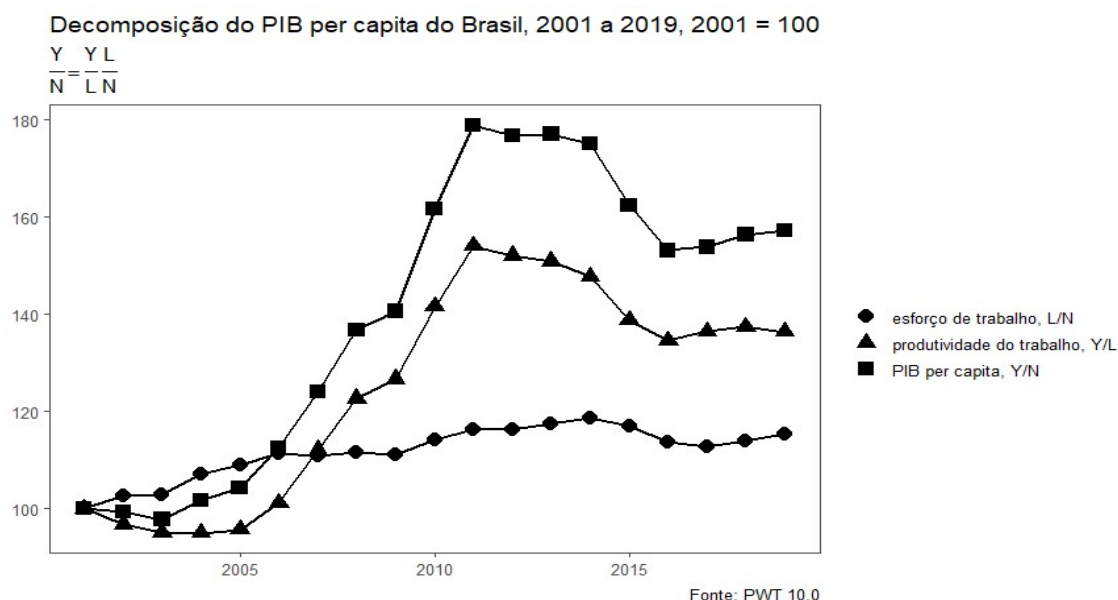
O último exercício de decomposição consiste em dividir o crescimento do PIB per capita entre o crescimento da produtividade do trabalho, PIB por trabalhador, e crescimento do esforço de trabalho, número de pessoas engajadas na produção como proporção. A decomposição equivale a escrever o PIB per capita na forma: $Y/N = Y/L$, onde N representa a população.

A Figura 15 mostra a decomposição do PIB per capita no Brasil. A partir de 2005 e até 2010 o crescimento do PIB per capita é acompanhado pelo crescimento da produtividade do trabalho. Depois de 2010 a produtividade do trabalho começa uma trajetória de queda, entre 2010 e 2014 parte da queda da produtividade do trabalho é compensada por um aumento do esforço de trabalho. Nesse período houve um processo de mais trabalho, porém com menos produtividade. De 2015 em diante o esforço de trabalho começa a cair o que reforça o efeito da queda da produtividade do trabalho levando a uma queda mais acentuada do PIB per capita.

Os exercícios realizados nesta seção ilustram o baixo crescimento da produtividade no Brasil, o resultado permanece com medidas alternativas de PTF e produtividade do trabalho. Os exercícios de decomposição do crescimento mostraram que no século XXI o Brasil repetiu o processo de crescimento puxado por acumulação de capital com o crescimento da PTF desempenhando um papel menor no crescimento no PIB. Esse padrão de crescimento não se mostrou sustentável, modelos neoclássicos de crescimento na linha de Solow, onde a presença de rendimentos decrescentes impede um crescimento de longo prazo com base na acumulação de fatores, geram resultados compatíveis com a observação que a acumulação de capital sem ganhos de PTF não se sustentou.

e o PIB per capita entrou em uma trajetória de queda e estagnação. O exercício de decomposição do PIB per capita mostrou que sem crescimento da produtividade do trabalho o aumento do emprego não foi capaz de sustentar uma trajetória de crescimento do PIB per capita.

Figura 15: Decomposição do PIB per capita do Brasil

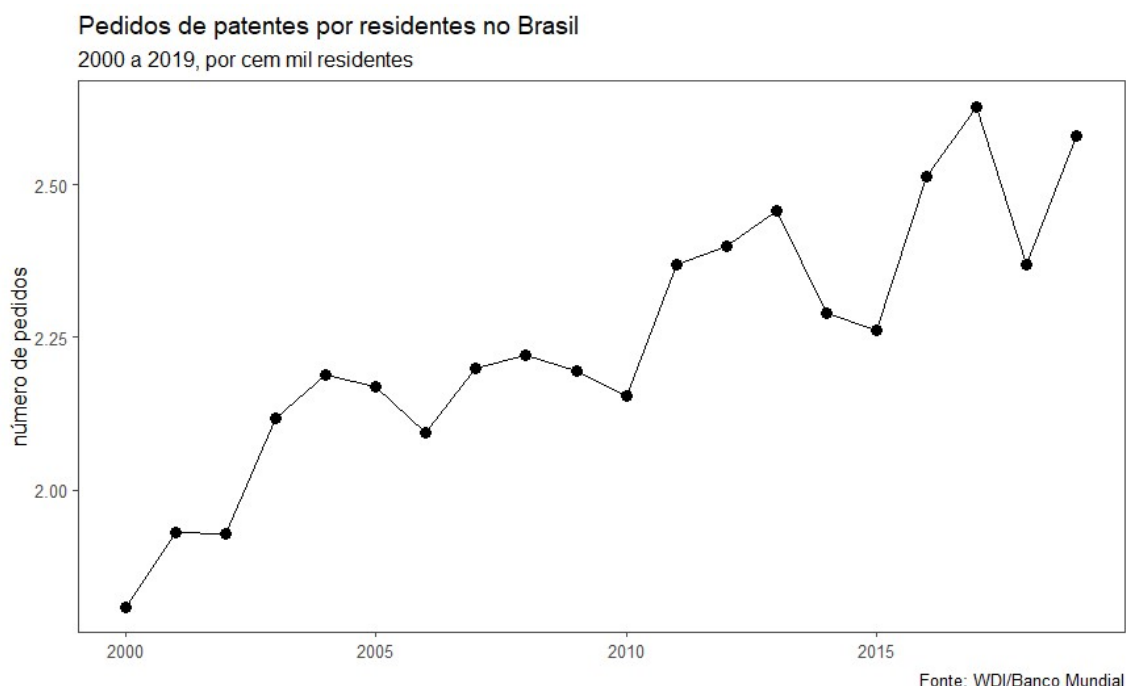


A dificuldade de estabelecer relações de causalidade em macroeconomia é assunto conhecido e bem debatido. As análises empíricas na área são feitas basicamente com dados observados dada a quase impossibilidade de obter dados por meios de experimentos controlados. Mesmo técnicas de diferenças em diferenças são comprometidas pela dificuldade de formar grupos de controle adequados. A alternativa é usar variáveis instrumentais ou técnicas como grupo de controle sintético, ambas sofrem de severas limitações. Mesmo ciente dessa dificuldade, as comparações entre esforço em P&D e crescimento da produtividade sugerem que há uma dificuldade do Brasil em transformar P&D em ações que levem ao aumento da produtividade, e, sem produtividade não há crescimento sustentável.

3.3. Número de Patentes

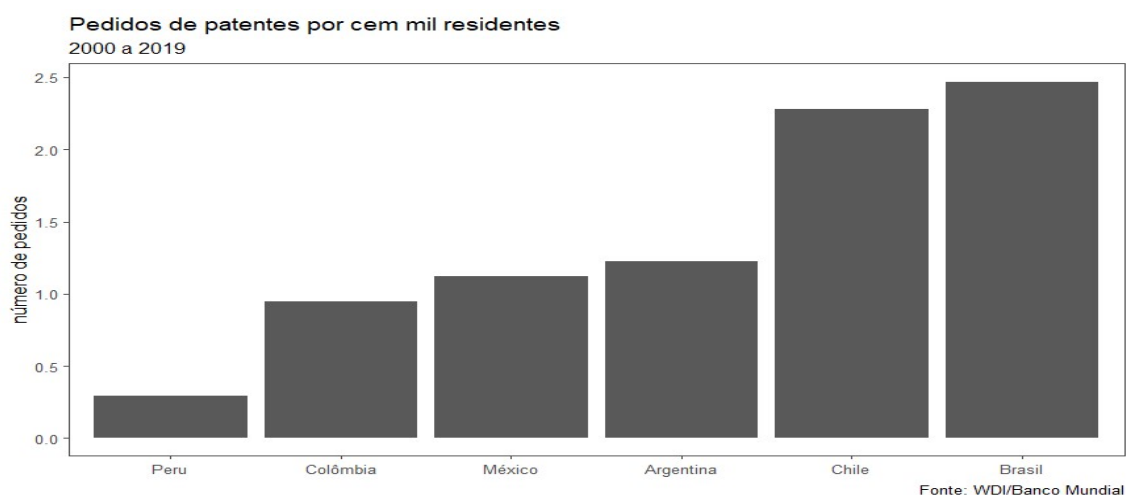
As diferenças na posição do Brasil no esforço de pesquisa e no crescimento da produtividade é um tema que merece investigação. Nesta subseção será feita uma breve análise do registro de patentes por residentes. Nos modelos teóricos o investimento em P&D leva a criação de novos insumos que estão associados às patentes, são esses insumos que causam o crescimento da produtividade. A Figura 16 mostra os pedidos de patentes por residentes no Brasil entre 2000 e 2019, repare que há uma tendência de crescimento. Vale registrar, porém, que a tendência é anterior ao aumento da taxa de investimento em P&D. Não é objetivo testar a existência de causalidade, mas existe uma correlação positiva e significativa entre as variáveis que pode ser decorrente das tendências.

Figura 16: Pedidos de patente no Brasil



Na comparação com a América Latina o Brasil lidera nos pedidos de patentes, na média entre 2015 e 2019 foram 2,47 pedidos por cem mil residentes no Brasil, contra 2,28 no Chile, 1,22 na Argentina, 1,12 no México, 0,95 na Colômbia e 0,29 e no Peru. Repare quem embora tenha uma taxa de investimento em pesquisa bem menor que a do Brasil, o número de pedidos de patentes por cem mil habitantes no Chile é próximo do observado no Brasil. A Figura 17 mostra os pedidos de patentes por cem mil habitantes nos países selecionados da América Latina.

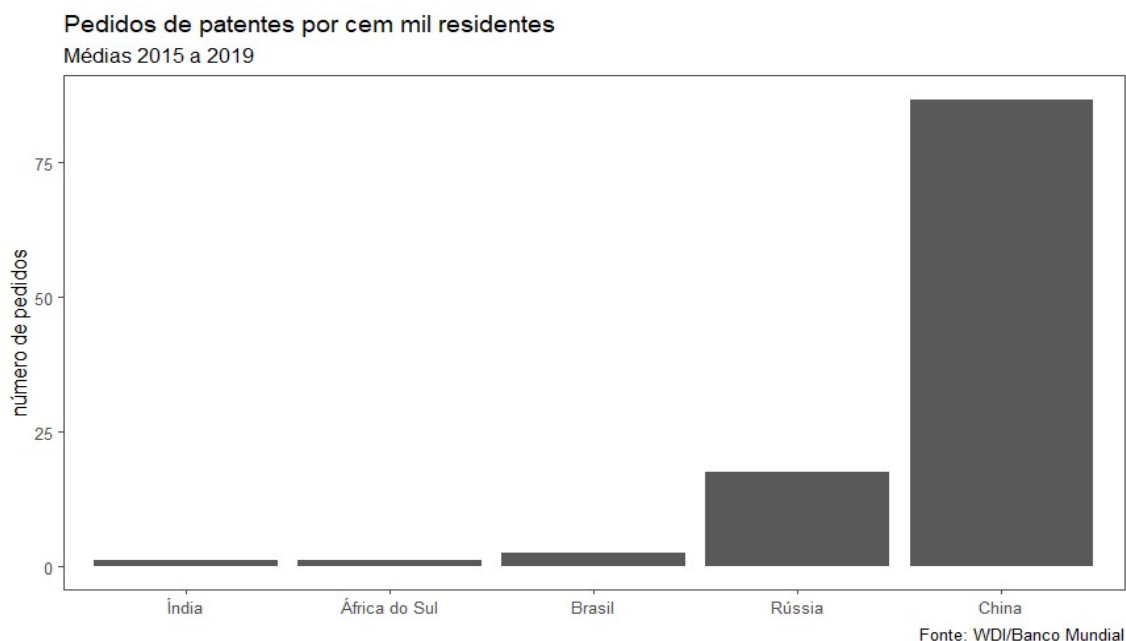
Figura 17: Pedidos de patentes em países selecionados da América Latina



Dentre os países do BRICS o Brasil, que tem a segunda posição no esforço de pesquisa, passou para terceira em relação a pedidos de patentes. Em primeiro aparece a China, com 86,8 pedidos por cem mil habitantes, seguida da

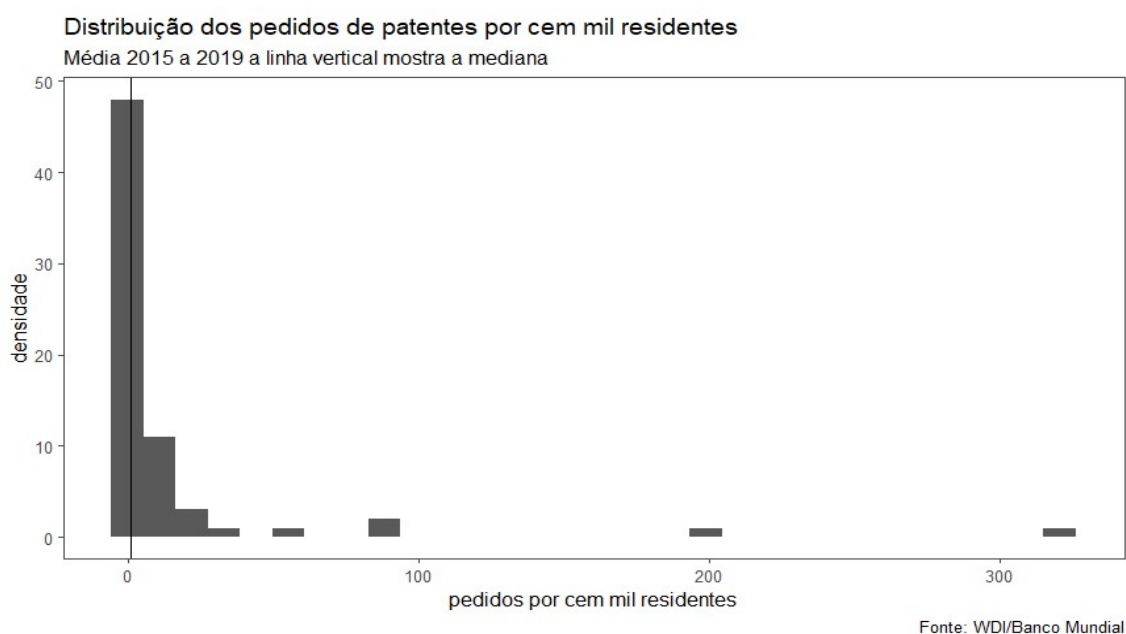
Rússia, com 17,6, Brasil, 2,47, África do Sul, 1,25 e Índia 1,13. A Figura 18 mostra os pedidos de patentes nos países do BRICS.

Figura 18: Pedidos de patentes em países selecionados nos países do BRICS



Considerando todos os países da amostra, o maior registro de pedidos de patentes por cem mil residentes foi observado na Coreia do Sul, 321, seguida de Japão, 201, Estados Unidos, 89,2, China, 86,8 e Alemanha, 57,4. A média foi de 14,9 e a mediana foi de 1,2. O Brasil está acima da mediana, porém bem abaixo da média. O baixo valor da mediana em comparação com a média mostra que os pedidos de patentes estão concentrados em poucos países. A Figura 19 ilustra essa distribuição.

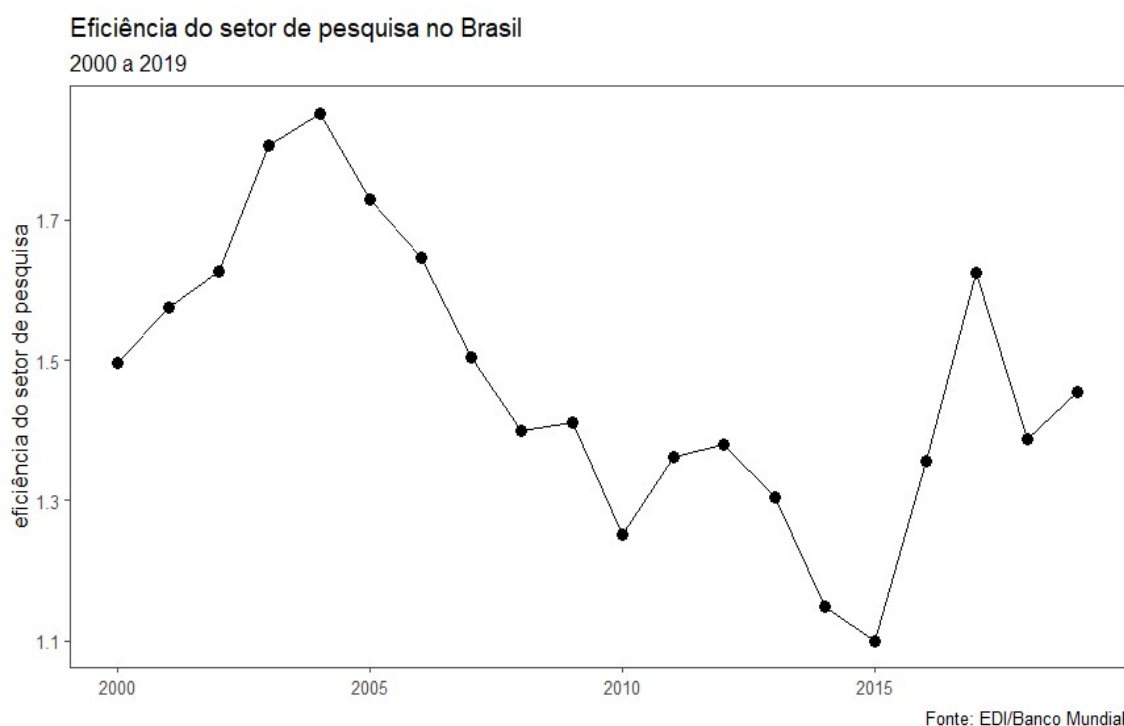
Figura 19: Distribuição dos pedidos de patentes por cem mil residentes



3.4 Eficiência do setor de pesquisa

Partindo do número de pedidos de patentes como medida de resultado do investimento em P&D, Ellery Jr e Nascimento Jr (2023) usaram dados do Banco Mundial dessas duas variáveis para construir uma medida de eficiência do setor de pesquisa em vários países. Seguindo esse princípio, a eficiência do setor de pesquisa será calculada como a razão entre o número de pedidos de patentes e o total gasto em pesquisa em bilhões de dólares internacionais. A Figura 20 mostra a eficiência do setor de pesquisa no Brasil.

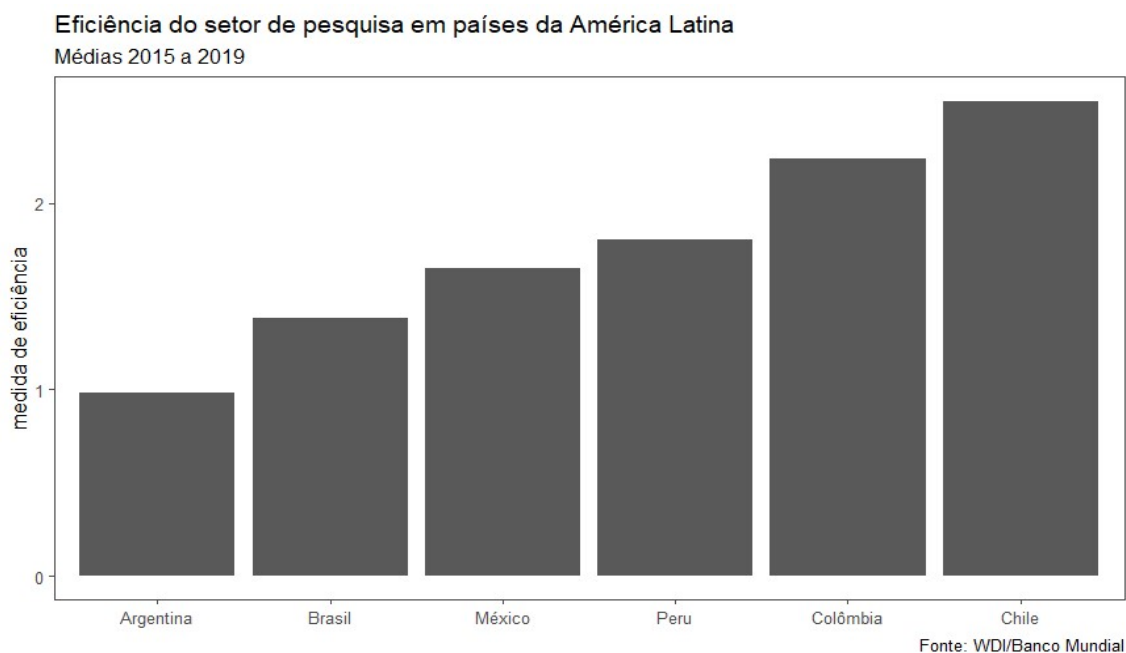
Figura 20: Eficiência do setor de pesquisa no Brasil



É razoável supor que o começo da intensificação do esforço de pesquisa ocorrido em meados da década de 10 coincida com uma queda na medida de eficiência do setor de pesquisa, afinal há um tempo entre o investimento em pesquisa e o registro de patentes. Que a queda permaneça por dez anos e que em 2019 a medida esteja próxima à de 2000, apesar do aumento no esforço de pesquisa, pode ser uma questão preocupante. Se a eficiência do setor de pesquisa for determinante para o crescimento da economia, como, por exemplo, em Aghion e Howitt (1992) o resultado acima pode explicar parte do baixo crescimento da produtividade no Brasil.

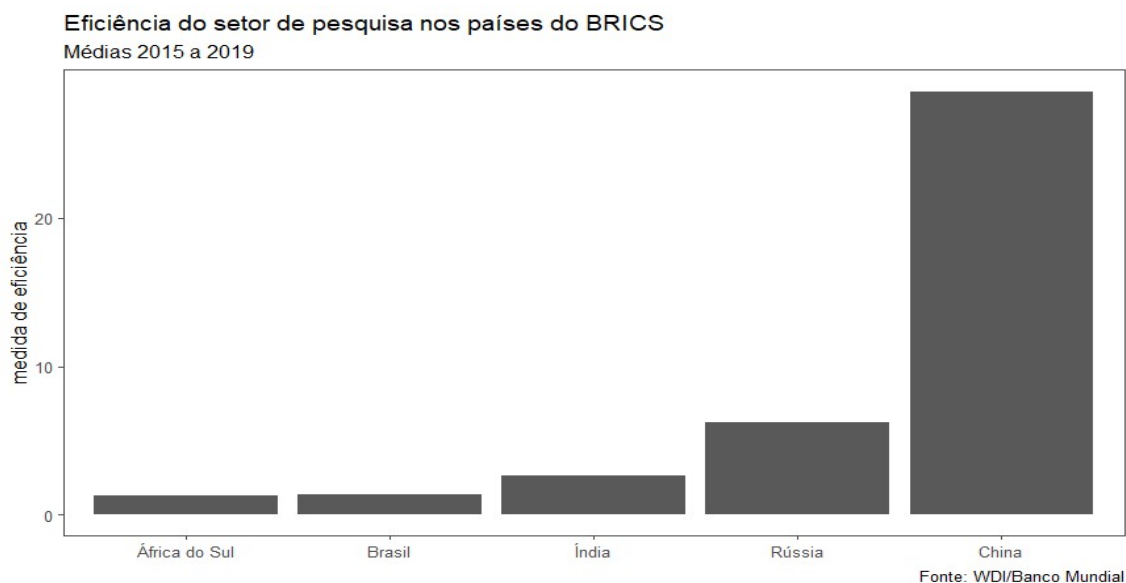
Dentre os países selecionados da América Latina apenas na Argentina, 0,98, a medida de eficiência do setor de pesquisa ficou abaixo da encontrada para o Brasil, 1,38. O melhor resultado foi encontrado no Chile, 2,55, seguido por Colômbia, 2,24, Peru, 1,80, e México, 1,65. A Figura 21 ilustra a medida de eficiência do setor de pesquisa para os países da América Latina.

Figura 21: Eficiência do setor de pesquisa em países da América Latina



No grupo dos BRICS a maior medida de eficiência do setor de pesquisa foi encontrada na China, 18,6, seguida por Rússia, 6,21, Índia, 2,65, Brasil, 1,38 e África do Sul, 1,26. Os resultados estão na Figura 22.

Figura 22: Eficiência do setor de pesquisa nos países do BRICS



Considerando a amostra completa, a média da medida de eficiência foi 5,22 e a mediana foi de 2,24. A medida de eficiência no Brasil ficou abaixo da média e da mediana.

4. Modelo empírico

Inicialmente a análise empírica será feita por meio de um modelo com dados relativos a crescimento do PIB per capita entre 2000 e 2019 e médias das

variáveis explicativas entre 2001 e 2005. A ideia é captar os efeitos destas variáveis no período inicial na taxa de crescimento de todos o período. A Tabela 1 mostra os resultados das regressões. A primeira considera apenas a taxa de investimento em P&D, como países mais ricos tendem a investir mais em P&D e tendem a crescer menos essa regressão não é adequada para avaliar o efeito do esforço de P&D no crescimento. A segunda regressão inclui o PIB per capita no período 2001 a 2005, o objetivo é captar especificidades dos países que podem afetar o crescimento durante o período completo. A terceira regressão considera a arrecadação do governo como proporção do PIB como forma de considerar os pontos em Ellery Jr e Nascimento Jr (2023). Finalmente, a quarta regressão inclui a taxa de investimento no período inicial para controlar o esforço de acumulação de capital físico.

Tabela 1: Regressões cross-section

Varável dependente: taxa de crescimento				
	(1)	(2)	(3)	(4)
PIB per capita		-0,139*** (0,038)	-0,133** (0,059)	-0,121** (0,057)
Investimento em P&D	-0,147*** (0,052)	-0,005 (0,060)	-0,005 (0,072)	-0,033 (0,066)
Impostos			-0,008 (0,009)	-0,003 (0,008)
Taxa de investimento				0,011 (0,007)
Constante	0,503*** (0,056)	1,678*** (0,325)	1,755*** (0,460)	1,315*** (0,441)
Observações	52	52	38	37
R ²	0,140	0,324	0,421	0,385
Estatística F	8,128***	11,766***	8,240***	5,001***

*p valor <0,1; ** p-valor <0,05; *** p-valor < 0,01

O coeficiente negativo e significativo para o investimento em P&D na primeira regressão parece decorrer de má especificação do modelo, evidência disso é que nas outras regressões, como melhor especificação do modelo, o resultado desaparece. Entretanto, em todos os modelos que incluem o PIB per capita, o coeficiente para esforço de pesquisa de não significativo, ou seja, o investimento em P&D no período 2001 a 2005 não parece ter relação com o crescimento entre 2001 e 2019. Uma explicação para isso é que a inovação para afetar positivamente a produtividade e o crescimento da economia deve ser acompanhada de outras variáveis, por exemplo, competição⁴.

O segundo conjunto de regressões tira maior proveito da estrutura temporal dos dados e é feito por regressões em painel. Dados em painel permitem observar as variáveis de cada um dos países no decorrer do tempo, desta forma a análise leva em conta mais informações do que na regressão cross-section e os testes estatísticos são mais robustos. Outra vantagem da análise de dados em painel é permitir o controle por características específicas dos países, como, por exemplo, questões culturais e institucionais. Por fim, a

⁴ A esse respeito ver Silva Filho et al (2022)

análise com dados em painel permite avaliar aspectos dinâmicos das relações entre as variáveis.

A Tabela 2 mostra os coeficientes das regressões com as mesmas variáveis da Tabela 1, porém utilizando o estimador de efeitos fixos. A variável dependente é a taxa de crescimento entre o período t e $t-1$, cada período corresponde à média de cinco anos com o primeiro período compreendendo os anos entre 2001 e 2005 e o último período os anos entre 2016 a 2019. As variáveis independentes são avaliadas no período $t-1$. O estimador de efeitos fixos permite controlar por características fixas de cada país e, por isso, costuma ser o mais usado em regressões de crescimento.

Tabela 2: Regressões em painel (efeitos fixos)

Varável dependente: taxa de crescimento				
	(1)	(2)	(3)	(4)
PIB per capita		-0,351*** (0,063)	-0,332*** (0,066)	-0,378*** (0,078)
Investimento em P&D	-0,017 (0,048)	0,069 (0,042)	0,065 (0,042)	0,086* (0,047)
Impostos			-0,009 (0,009)	-0,007 (0,009)
Taxa de investimento				0,004 (0,003)
Observações	90	90	90	90
R2	0,02	0,35	0,36	0,376
Estatística F	0,119	15,695***	10,801***	8,437***

*p valor <0,1; ** p-valor <0,05; *** p-valor < 0,01

O PIB per capita do período anterior apresentou coeficiente negativo e significativo em todas as regressões que foi considerado, esse resultado é comum na literatura. Na regressão mais completa, considerando os impostos e a taxa de investimento o coeficiente do investimento em P&D foi positivo e significativo, ou seja, nessa especificação do modelo o esforço de pesquisa afeta de forma positiva o crescimento da economia, o resultado é consistente com modelos teóricos na linha de Aghion e Howitt (1992). Com exceção do primeiro modelo, o que tem apenas a taxa de investimento em pesquisa como variável explicativa, o teste de Hausman indicou uso do estimador de efeitos fixos como mais adequado do que o estimador de efeitos aleatórios.

Como o painel é de pequena dimensão foram feitas estimações usando o estimador de primeiras diferenças. Os resultados estão na Tabela 3. Os resultados são semelhantes aos obtidos com o estimador de efeitos fixos, o PIB per capita tem coeficiente negativo e significativo e as demais variáveis não são significativas para taxa de crescimento. A diferença relevante é que o coeficiente da taxa de investimento em P&D não foi significativo em nenhuma das regressões. Desta forma, o resultado da última coluna da Tabela 2 não é robusto a mudanças no modelo nem nos estimadores.

Tabela 3: Regressões em painel (primeiras diferenças)

Varável dependente: taxa de crescimento				
	(1)	(2)	(3)	(4)
PIB per capita		-0,574*** (0,102)	-0,577*** (0,104)	-0,586*** (0,124)
Investimento em P&D	0,086 (0,064)	0,064 (0,052)	0,064 (0,053)	0,054 (0,047)
Impostos			0,002 (0,009)	0,002 (0,009)
Taxa de investimento				0,026 (0,017)
Observações	60	60	60	60
R2	0,03	0,38	0,38	0,38
Estatística F	1,781	17,283***	11,346***	8,365***

*p valor <0,1; ** p-valor <0,05; *** p-valor < 0,01

Os modelos empíricos estimados mostraram evidências fracas de efeito positivo da taxa de investimento em P&D no crescimento econômico. Isso pode ser por conta de dificuldades de transformar gasto em P&D em inovações, como discutido na terceira seção, ou por barreiras para entrada de inovações no processo produtivo, como as discutidas em Silva Filho et al (2022).

5. Considerações Finais

O texto trata do esforço de pesquisa e desenvolvimento no Brasil e como esse esforço está relacionado ao crescimento econômico. O esforço de P&D no Brasil é baixo se comparado ao de países avançados, mas alto quando comparado com países da América Latina e BRICS. Nenhum dos países selecionados da América Latina apresentou gasto em P&D como proporção do PIB acima do observado no Brasil, nos BRICS apenas na China essa proporção foi maior do que no Brasil.

O esforço em P&D, porém, não parece refletir no crescimento da produtividade no Brasil. Nesse quesito o desempenho do Brasil não se destaca nem entre os países selecionado da América Latina nem entre os países do BRICS. Uma possibilidade para esse resultado é a eficiência do setor de pesquisa e desenvolvimento no Brasil medido pelo número de pedidos de patentes feitos por residentes dividido pelo gasto em P&D. Dos países selecionados da América Latina apenas a Argentina apresentou menor eficiência do que o Brasil, dos BRICS apenas a África do Sul foi pior que o Brasil. Outra possibilidade está relacionada a barreiras à entrada que impedem a adoção tecnológica no país.

Os modelos estimados não mostram relação robusta entre crescimento e investimento em P&D. De fato, apenas o modelo completo estimado por efeitos fixos apresentou relação positiva e significativa entre investimento em P&D e crescimento. Futuras pesquisas podem buscar explicar essa ausência de correlação por meio de bases de dados mais completas ou uso de outros estimadores.

6. Referências

Aghion, Philippe e Peter Howitt (1992). Model of Growth Through Creative Destruction. *Econometrica*, v.60, n.2.

Aghion, Phillippe, Nick Bloom, Richard Blundell, Rachel Griffith e Peter Howitt (2005). Competition and Innovation: An Inverted-U Relationship. *Quarterly Journal of Economics*, v.120, n.2.

Ellery Jr, Roberto e Antonio Nascimento Jr, Eficiência do Setor de Pesquisa e Crescimento Econômico. *RP3 – Revista de Pesquisa em Políticas Públicas*, v.1, 2023.

Ellery Jr, Roberto. Impactos econômicos da Contribuição Social sobre o Lucro Líquido. In: Adolfo Sachsida. (Org.). **Tributação no Brasil: estudos, ideias e propostas**. 1ed.Brasília: IPEA, 2017, v. 1, p. 183-201.

Parente, Stephen e Edward Prescott (2000). *Barriers to Riches*. MIT Press.

Romer, Paul. Endogenous technological change. *Journal of Political Economy*, v.98, n.5, 1990.

Silva Filho, Edison Benedito, Roberto Ellery Jr, Fernando de Holanda Barbosa Filho e João Maria de Oliveira. Produtividade no Brasil: evolução e canais de crescimento. In: Edson Benedito da Silva Filho, João Maria de Oliveira e Bruno Cesar Pino de Oliveira Araújo (org). **Eficiência Produtiva: Análise e proposições para aumentar a produtividade no Brasil**, IPEA, 2022.