

Eficiência do Setor de Pesquisa e Crescimento Econômico

Roberto Ellery Junior

<http://lattes.cnpq.br/3348928663753300>

<https://orcid.org/0000-0001-5897-587X>

Antônio Nascimento Junior

<http://lattes.cnpq.br/2995326598782528>

<https://orcid.org/0000-0002-8303-7487>

Resumo

O artigo apresenta um modelo teórico relacionando crescimento, eficiência do setor de pesquisas e impostos. Na sequência é apresentada uma medida de eficiência do setor de pesquisa calculada para setenta e três países. A análise empírica encontra evidências de relação positiva e significativa entre eficiência do setor de pesquisa e crescimento, porém é possível que tal relação seja devido a características do país que afetem essas duas variáveis. Também são encontradas evidências da relação negativa entre crescimento e impostos.

Palavras-chave: crescimento, pesquisa e desenvolvimento, eficiência.

1. Introdução

A relação entre o setor de pesquisa e inovação e crescimento é parte fundamental da literatura de crescimento econômico. Na década de 1990, Romer (1990) e Aghion e Howitt (1992) apresentaram as bases da modelagem para essa relação. Os dois artigos apresentam modelos de economia onde empresas que atuam no setor de produção de bens intermediários precisam inovar para manter ou obter monopólio sobre a produção de insumos que serão utilizados na produção de bens finais. Os modelos apontam 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.

Resultados desse tipo dão suporte teórico a políticas de incentivo à inovação, não raro, tais políticas consistem em transferências de recursos para o setor de pesquisa. É comum, especialmente no debate público, cobrar por um aumento do investimento em pesquisa e desenvolvimento. Porém, além dos recursos destinados à pesquisa, as

inovações dependem também da eficiência do setor de pesquisa. Dessa forma, é fundamental que órgãos públicos que trabalham com pesquisa, seja no fomento direto ou atuando em setores onde a inovação tem um papel estratégico aprimorem os processos relativos à gestão.

O objetivo desse artigo é avaliar a relação entre eficiência do setor de pesquisa e crescimento econômico por meio de modelos teóricos e testar a relação em um painel de países. Os objetivos específicos são: apresentar modelo teórico relacionando eficiência do setor de pesquisa e crescimento econômico, construir uma medida de eficiência do setor de pesquisa em diversos países e estimar uma regressão de crescimento tendo a medida de eficiência do setor de pesquisa como uma das variáveis explicativas.

Na próxima seção será apresentada uma breve revisão da literatura com destaque para a versão do modelo de Aghion e Howitt (1992) apresentada em Ellery Jr (2017) que inclui o financiamento do setor de pesquisa por meio de tributos sobre lucro ou faturamento das firmas. A terceira seção apresentará os dados e a medida de eficiência do setor de pesquisa. A quarta seção apresentará as regressões e a análise dos resultados. A última seção trará as considerações finais.

2. Inovação e Crescimento Econômico

O modelo será desenvolvido a partir da versão apresentada em Aghion e Howitt (2009) com as modificações incorporadas em Ellery Jr (2017) para introduzir diferentes formas de imposto. A primeira forma supõe que o lucro de monopólio é taxado o que reduz o prêmio por conseguir uma inovação. A segunda forma será taxar a receita do monopolista.

Imposto sobre o lucro

Seguindo Aghion e Howitt (2009) suponha que a produção de bens finais em uma economia é dada por:

$$Y_t = L^{1-\alpha} \int_0^1 A_{it}^{1-\alpha} x_{it}^\alpha di \quad (1)$$

Onde Y_t representa o total produzido do bem final, L representa a oferta de trabalho que é constante, x_{it} representa a quantidade do insumo $i \in [0, 1]$ utilizada na

produção do bem final e A_{it} representa o nível de eficiência do insumo i . Com esta especificação pode ser dito que cada insumo i produz uma quantidade Y_{it} do bem final que é dada por:

$$Y_{it} = (A_{it}L)^{1-\alpha}x_{it}^{\alpha} \quad (2)$$

Cada insumo é produzido por um monopolista que trabalha com uma função de produção que apresenta custos marginais constantes e iguais a um, desta forma o lucro antes dos impostos do monopolista será dado por:

$$\Pi_{it} = p_{it}x_{it} - x_{it} \quad (3)$$

Como o setor de produção de bens finais trabalha em competição perfeita o preço de cada um dos insumos será igual a contribuição marginal do insumo para a produção do bem final, ou seja:

$$p_{it} = \frac{\partial Y_{it}}{\partial x_{it}} = \alpha(A_{it}L)^{1-\alpha}x_{it}^{\alpha-1} \quad (4)$$

Substituindo a equação (4) na equação (3) é possível calcular a quantidade do insumo i que maximiza o lucro do monopolista, tal quantidade será dada por:

$$x_{it} = \alpha^{\frac{2}{1-\alpha}}A_{it}L \quad (5)$$

O lucro do monopolista pode ser obtido a partir das equações (3) e (5) e terá a forma:

$$\Pi_{it} = \pi A_{it}L \quad (6)$$

Onde $\pi = (1 - \alpha)\alpha^{\frac{1+\alpha}{1-\alpha}}$ é constante para todos os insumos, ou seja, a diferença entre os lucros dos monopolistas dos diversos insumos é dada por diferenças na eficiência de cada insumo.

O a produção total desta economia vai depender da produtividade agregada que é dada por $A_t = \int_0^1 A_{it} dt$ que nada mais é do que a média da produtividade de todos os insumos. Para obter esse resultado basta substituir a equação (5) na equação (1) de forma que:

$$Y_t = L \int_0^1 A_{it}^{1-\alpha} \alpha^{\frac{2\alpha}{1-\alpha}} A_{it}^\alpha di = \alpha^{\frac{2\alpha}{1-\alpha}} L \int_0^1 A_{it} dt = \alpha^{\frac{2\alpha}{1-\alpha}} A_t L \quad (7)$$

Para obter o PIB basta eliminar de Y os bens intermediários, ou seja:

$$PIB_t = Y_t - \int_0^1 x_{it} di = \alpha^{\frac{2\alpha}{1-\alpha}} (1 - \alpha^2) A_t L \quad (8)$$

Da equação (8) é fácil perceber que o crescimento do PIB será igual ao crescimento de A_t . Para obter o crescimento de A_t será necessário incorporar o setor de pesquisa no modelo. Aqui aparece a diferença entre o modelo original e o desta seção. No modelo original o empreendedor que consegue a inovação recebe o lucro de monopólio como prêmio, como o interesse do capítulo é avaliar o efeito de imposto sobre lucro das empresas será suposto que o inovador recebe apenas uma fração do lucro do monopolista sendo a outra parte arrecadada pelo governo. Não é objetivo do modelo analisar o que será feito com o gasto de forma que não será modelado o destino do gasto público¹.

Em cada período empreendedores tem a oportunidade de tentar inovar em cada setor. Se tiver sucesso será criada uma versão do insumo que expulsará do mercado a versão existente, isso acontece porque a nova versão será mais produtiva, para captar esse argumento suponha que em caso de sucesso a produtividade passa a ser dada por $A_{it}^* = \gamma A_{it-1}$. Para conseguir inovar o empreendedor tem de investir uma quantidade R_{it} do bem final. O sucesso da inovação depende da quantidade investida e do nível de produtividade a ser alcançado, seja n a razão destas duas variáveis, ou seja, $n_{it} = R_{it} / A_{it}^*$.

¹ Para uma análise dos efeitos do gasto público em modelos de crescimento ver Barro (1990)

A probabilidade de conseguir um sucesso é dada por $\mu_{it} = \phi(n_{it}) = \lambda n_{it}^\sigma$, onde $\lambda > 0$ e $0 < \phi < 1$ são constantes². Em caso de sucesso, ou seja, com probabilidade $\mu = \phi(n_{it})$, o empreendedor recebe $(1 - \tau)\Pi_{it}$, onde τ é a alíquota do imposto, e em caso de fracasso o empreendedor não recebe nada. Desta forma o empreendedor escolhe R_{it} de forma a maximizar o lucro esperado:

$$\phi\left(\frac{R_{it}}{A_{it}^*}\right)(1 - \tau)\Pi_{it}^* - R_{it} \quad (9)$$

Derivando (9) em relação a R_{it} e usando (6) obtemos a equação de arbitragem da pesquisa, que é dada por:

$$\phi'(n_{it})(1 - \tau)\pi L = 1 \quad (10)$$

A equação (10) implica que $n_{it} = n, \forall i, t$, sendo assim também vale que $\mu_{it} = \mu, \forall i, t$. Os valores de n e μ são:

$$n = (1 - \tau)^{\frac{1}{1-\sigma}}(\sigma\lambda\pi L)^{\frac{1}{1-\sigma}} \text{ e } \mu = \lambda^{\frac{1}{1-\sigma}}(1 - \tau)^{\frac{\sigma}{1-\sigma}}(\sigma\pi L)^{\frac{\sigma}{1-\sigma}} \quad (11)$$

Do valor de μ é possível concluir que quanto maior a alíquota do imposto sobre lucro das firmas menor será a probabilidade de ocorrerem inovações. Isso acontece porque o lucro de monopólio é o incentivo para que ocorra pesquisa e inovação. Ao reduzir o lucro do monopólio o imposto reduz a quantidade investida em pesquisa e, por consequência, reduz a probabilidade que inovações ocorram. Uma maneira de reverter esse efeito seria se o governo usasse a arrecadação do imposto para financiar pesquisa em alguns setores estratégicos. Para capturar esse resultado seria necessário explorar as diferenças entre os insumos pelo menos até o ponto de diferenciar insumos estratégicos de insumo não-estratégicos. Como não é objetivo desse capítulo estudar o gasto público essa abordagem não será seguida, o leitor interessado pode ver Keuschnigg e Ribi (2012 e 2013).

² Repare que com as hipóteses para λ e σ temos que $\phi' > 0$ e $\phi'' < 0$.

Para analisar o crescimento basta lembrar que a taxa de crescimento do PIB será igual a taxa decrescimento de A_t . As inovações em cada insumo i ocorrem da seguinte forma:

$$A_{it} = \begin{cases} \gamma A_{it-1} & \text{com probabilidade } \mu \\ A_{it-1} & \text{com probabilidade } 1 - \mu \end{cases} \quad (12)$$

Pela Lei dos Grande Números a fração de setores onde vai ocorrer inovação a cada período é igual a μ , desta forma A_t pode ser escrito como μ vezes a eficiência média dos insumos onde ocorreu inovação mais $1 - \mu$ vezes a eficiência média dos insumos onde não ocorreu inovação. Chamando de A_{1t} a eficiência média do primeiro grupo e A_{2t} a eficiência média do segundo grupo que $A_t = \gamma A_{1t} + (1 - \gamma)A_{2t}$, ou ainda, $A_t = \mu\gamma A_{t-1} + (1 - \mu)A_{t-1}$. Definido a taxa de crescimento de A_t como $g = \frac{A_t - A_{t-1}}{A_{t-1}}$ chega-se a $g = \mu(\gamma - 1)$. Daí é possível obter a taxa de crescimento a partir dos parâmetros:

$$g = \lambda^{\frac{1}{1-\sigma}} [(1 - \tau)\sigma\pi L]^{\frac{\sigma}{1-\sigma}} (\gamma - 1) \quad (13)$$

Como mostra a equação (13) um aumento na alíquota do imposta leva a uma redução no crescimento da economia. O efeito sobre o crescimento decorre do efeito sobre a inovação. Como o investimento é igual ao produto entre a probabilidade de inovação, μ , e o salto das inovações, $\gamma - 1$, ao reduzir a probabilidade inovação o imposto sobre o lucro das firmas reduz o crescimento da economia.

Imposto sobre a receita

A estrutura é igual ao do modelo anterior, a diferença aparece na definição do lucro dos monopolistas, equação (3), que agora terá a forma:

$$\Pi_{it} = (1 - \tau)p_{it}x_{it} - x_{it} \quad (14)$$

Com a nova especificação para o lucro a quantidade do produzida do insumo i será dada por:

$$x_{it} = (1 - \tau)^{\frac{1}{1-\alpha}} \alpha^{\frac{2}{1-\alpha}} A_{it} L \quad (15)$$

O lucro do monopolista passa a ser:

$$\Pi_{it} = (1 - \tau)^{\frac{1}{1-\alpha}} (1 - \alpha) \alpha^{\frac{1+\alpha}{1-\alpha}} A_{it} L = (1 - \tau)^{\frac{1}{1-\alpha}} \pi A_{it} L \quad (16)$$

Assim como no modelo anterior tanto Y_t quanto o PIB são diretamente proporcionais a $A_{it}L$.

O processo de inovação é igual ao anterior. Seguindo a mudança no lucro do monopolista a nova equação de arbitragem da pesquisa terá a forma:

$$\phi'(n_{it})(1 - \tau)^{\frac{1}{1-\alpha}} \pi L = 1 \quad (17)$$

Pelo mesmo motivo que no modelo anterior n e μ serão constantes, de forma que:

$$\begin{aligned} n &= (1 - \tau)^{\frac{1}{(1-\alpha)(1-\sigma)}} (\lambda \sigma \pi L)^{\frac{1}{1-\sigma}} \\ \mu &= \lambda^{\frac{1}{1-\sigma}} (1 - \tau)^{\frac{\sigma}{(1-\alpha)(1-\sigma)}} (\lambda \sigma \pi L)^{\frac{\sigma}{1-\sigma}} \end{aligned} \quad (18)$$

Como pode ser visto na equação (18) o imposto sobre faturamento reduz a probabilidade de ocorrer uma inovação, mais ainda, como $\frac{\sigma}{(1-\alpha)(1-\sigma)} > \frac{\sigma}{1-\sigma}$, então o imposto sobre faturamento reduz a inovação mais do que o imposto sobre o lucro.

Para obter o efeito sobre crescimento basta seguir os passos do modelo anterior de forma a encontrar a taxa de crescimento que será dada por $g = \mu(\gamma - 1)$, substituindo o valor de μ obtém-se:

$$g = \lambda^{\frac{1}{1-\sigma}} (1 - \tau)^{\frac{\sigma}{(1-\alpha)(1-\sigma)}} (\lambda \sigma \pi L)^{\frac{\sigma}{1-\sigma}} (\gamma - 1) \quad (19)$$

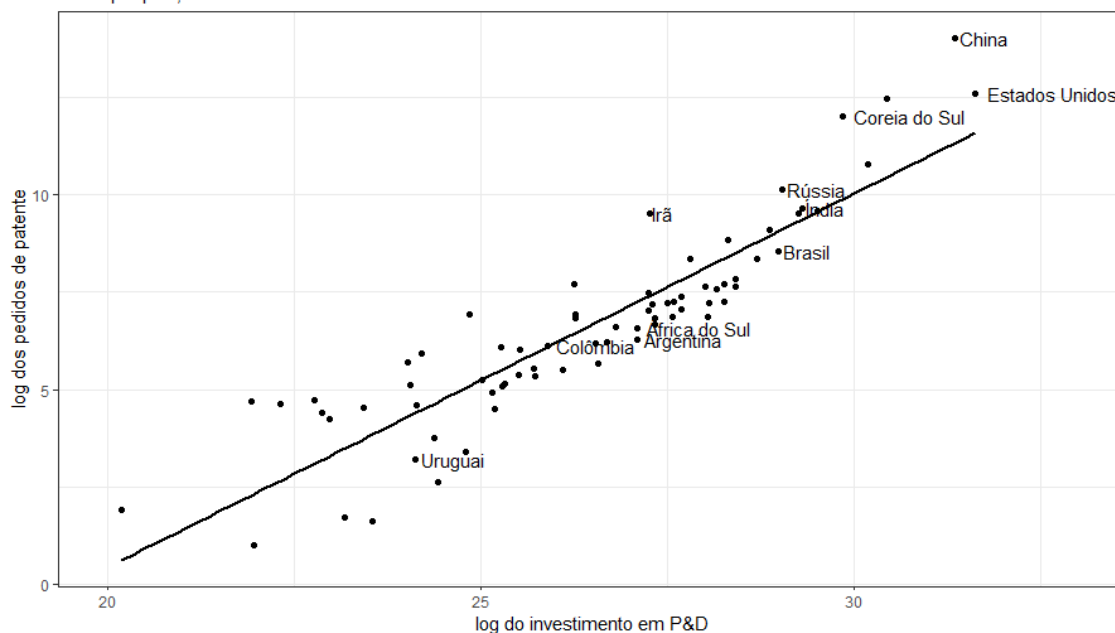
Mais uma vez o imposto sobre faturamento tem um impacto negativo maior que o imposto sobre lucro.

3. Eficiência do Setor de Pesquisa

Medir a eficiência do setor de pesquisa não é tarefa trivial, isso é verdade porque existem várias formas de considerar e vários candidatos para insumos produtos do setor. Nesse trabalho a medida de eficiência será construída a partir de dados do Banco Mundial para pedidos de patentes feitos por residentes no país, medida de produto, e investimento em P&D no país, medida de insumo.

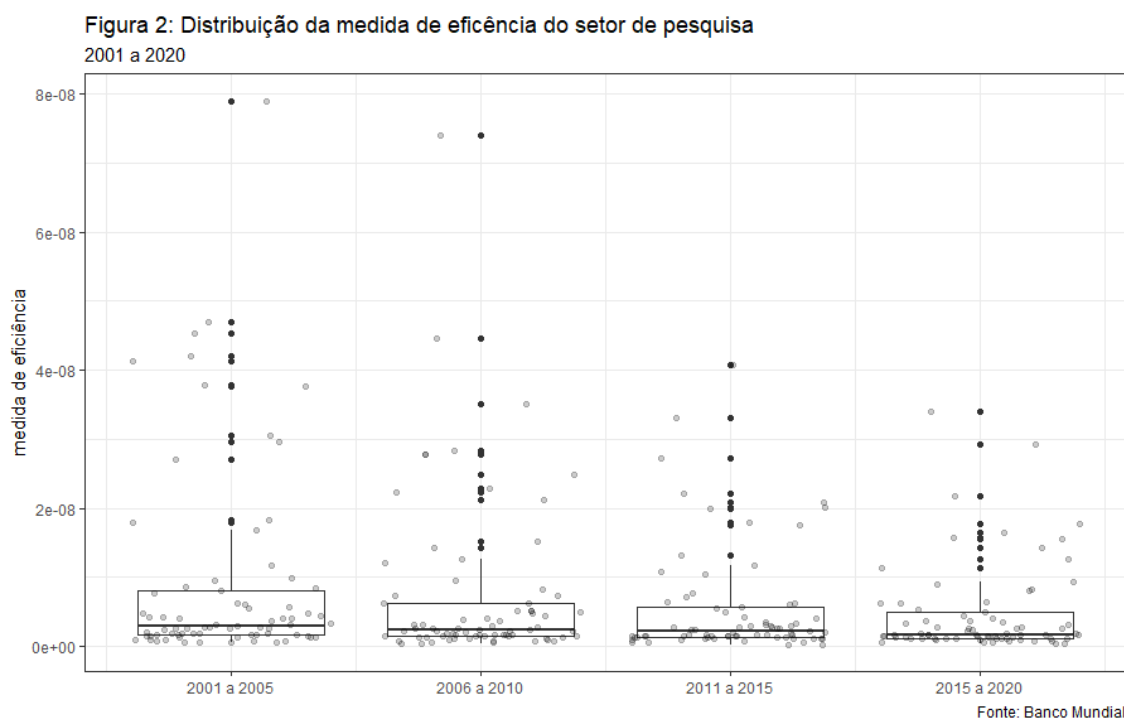
A Figura 1 mostra a relação entre investimento em P&D e número de patentes para o período entre 2015 e 2020, como esperado a correlação entre as duas variáveis é positiva. Também é possível observar na figura que países que investem mais em P&D não necessariamente apresentam mais pedidos de patentes, por exemplo, o Irã investe menos e tem mais pedidos do que o Brasil. A razão entre investimento e patentes muda para cada país, a hipótese para construção da medida é que essa mudança decorre da eficiência do setor de pesquisa de cada país.

Figura 1: Investimento em P&D e pedidos de registro de patentes
Média por país, 2015 - 2020



Fonte: Banco Mundial

A medida de eficiência foi calculada para setenta e três países em períodos de cinco anos entre 2001 e 2020. No primeiro período, entre 2001 e 2005, a menor eficiência do setor de pesquisa foi observada em Portugal e a maior na Bósnia e Herzegovina. No último período, entre 2016 e 2020, a menor eficiência foi observada no Chipre e a maior na República do Quirguistão. No período 2001 a 2015 o Brasil ficou na quinquagésima quinta posição e no período entre 2016 e 2020 ficou na quinquagésima primeira posição. Em média, a eficiência do setor de pesquisa caiu no período completo, o que significa que com o passar do tempo é necessário maior investimento em P&D para obter o mesmo número de patentes. A Figura 2 mostra a distribuição da medida de eficiência em todos os períodos.



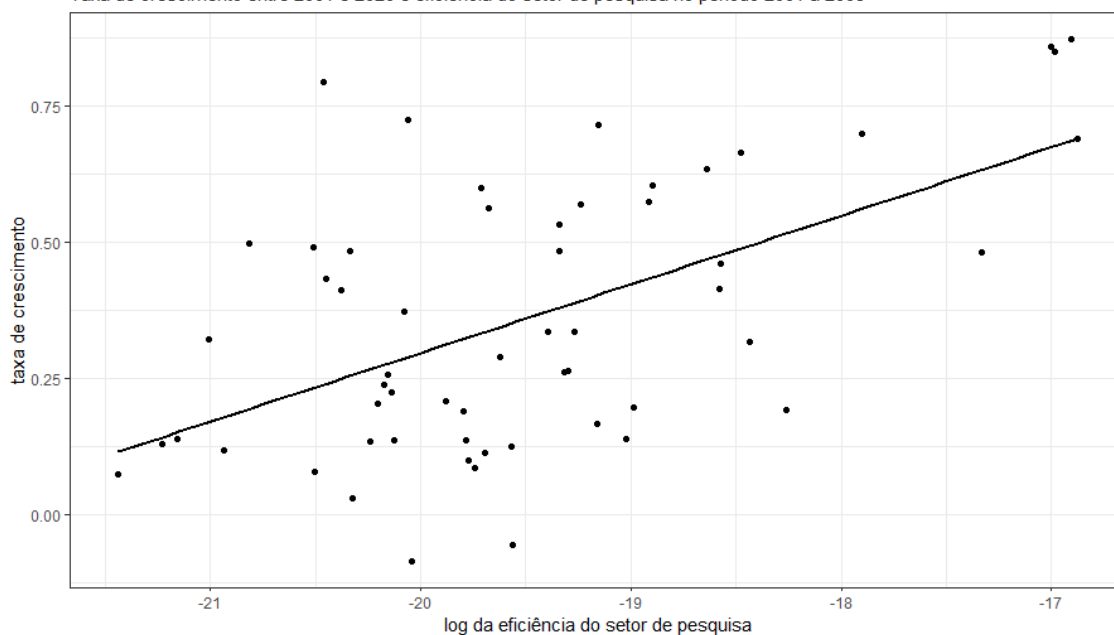
As outras variáveis utilizadas são a taxa de crescimento do PIB per capita, o PIB per capita e uma medida de tributação sobre renda, lucros e ganhos de capitais, todas as variáveis foram obtidas na base de dados do Banco Mundial. As variáveis completas estão disponíveis para cinquenta e oito países.

4. Modelo Empírico

Inicialmente a relação entre taxa de crescimento e eficiência do setor de pesquisa será analisada por meio de regressões de crescimento com dados em cross-section. A Figura 3 mostra a relação entre taxa de crescimento no período 2001 a 2020 e eficiência de pesquisa média no período 2001 a 2020. É possível observar que a relação é crescente, países onde o setor de pesquisa era mais eficiente no começo do período cresceram mais.

Figura 3: Taxa de crescimento e eficiência do setor de pesquisa

Taxa de crescimento entre 2001 e 2020 e eficiência do setor de pesquisa no período 2001 a 2005



Fonte: Banco Mundial

O resultado dessa primeira análise sugere que aumentar a eficiência do setor de pesquisa pode levar a um maior crescimento. A valer esse resultado esforços para usar de forma mais eficiente os recursos destinados ao setor de pesquisa podem levar a um maior crescimento do país.

Como é sabido a presença de correlação não significa que exista uma relação causal, de fato a obtenção de uma relação causal está além do escopo desse trabalho. Isso, porém, não impede um trabalho para refinar o resultado acima de forma a excluir caminhos conhecidos que podem gerar a presença de correlações espúrias.

O primeiro esforço nesse sentido consiste em incluir na regressão o PIB per capita no período entre 2001 e 2020. A inclusão dessa variável permite o controle por características do país que podem tanto explicar um maior nível de renda quanto uma

maior eficiência do setor de pesquisa. O passo seguinte será incluir uma medida de tributos para financiar pesquisa, seguindo o modelo teórico apresentado na segunda seção será utilizada a arrecadação de impostos sobre a renda, os lucros e o ganho de capital como proporção do PIB. A Tabela 1 mostra o resultado das três regressões.

Tabela 1: Regressões cross-section

	Variável dependente: taxa de crescimento		
	(1)	(2)	(3)
PIB per capita		-0,146*** (0,028)	-0,122*** (0,033)
Eficiência da P&D	0,126*** (0,025)	0,083*** (0,023)	0,080*** (0,023)
Impostos			-0,0001 (0,0001)
Constante	2,817*** (0,495)	3,423*** (0,425)	3,173*** (0,464)
Observações	58	58	58
R2	0,306	0,535	0,549
Estatística F	24,727***	32,632***	21,939***

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

Em todas as regressões o coeficiente da eficiência do setor de pesquisa foi positivo e significativo a 1%, desta forma a correlação observada inicialmente é robusta as modificações realizadas no modelo. O PIB per capita inicial tem correlação significativa e negativa com a taxa de crescimento, esse resultado é conhecido como convergência condicional. A presença de convergência condicional está documentada, por exemplo, em Barro (1991) e Mankiw, Romer e Weil (1992). O coeficiente da variável que controla pelos impostos foi negativo, porém não significativo.

Conforme estabelecido na literatura, o sinal e significância dos coeficientes em regressões de crescimento como as apresentadas na Tabela 1 podem não ser robustos à inclusão de outras variáveis. A estratégia empírica para tratar com essa questão consiste em usar técnica de seleção de variáveis como Bayesian Model Averaging como em Fernández et ali (2001) ou realizar testes de robustez como em Levine e Renelt (1992) e Sala-I-Martin (1997). Nesse artigo a opção foi por selecionar as variáveis de acordo com um modelo teórico, desta forma a relação de causalidade entre crescimento e eficiência do setor de pesquisa que foi obtida teoricamente encontra suporte, embora não demonstração empírica, nas regressões apresentadas na Tabela 1.

O segundo conjunto de regressões tira maior proveito da estrutura temporal dos dados e é feito por regressões em painel. Inicialmente os três modelos da Tabela 1 foram estimados usando mínimos quadrados com dados empilhados. O resultado está na Tabela 2.

Tabela 2: Regressões em painel (dados empilhados)

	Variável dependente: taxa de crescimento		
	(4)	(5)	(6)
PIB per capita		-0,053*** (0,009)	-0,044*** (0,010)
Eficiência da P&D	0,048*** (0,007)	0,032*** (0,007)	0,030*** (0,007)
Impostos			-0,00003* (0,00002)
Constante	1,056*** (0,146)	1,283*** (0,140)	1,177*** (0,149)
Observações	174	174	174
R2	0,194	0,322	0,337
Estatística F	41,311***	40,659***	28,813***

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

Em cada regressão a taxa de crescimento corresponde ao crescimento entre o período imediatamente anterior e o período atual e as variáveis explicativas são os valores observados no período imediatamente anterior. Assim como na Tabela 1, em todas as regressões o coeficiente da eficiência do setor de pesquisa foi positivo e significativo a 1%. A diferença relevante em relação aos resultados da Tabela 1 é que os impostos tiveram coeficiente negativo e significativo a 10%. O resultado é frágil, mas está de acordo com o proposto no modelo teórico.

A Tabela 3 mostra os resultados das estimações usando efeitos fixos. Ao contrário dos resultados das tabelas anteriores, as regressões com o estimador de efeitos fixos não suportam a relação entre crescimento e eficiência do setor de pesquisa presente no modelo teórico. De fato, apenas na primeira regressão o coeficiente da eficiência do setor de pesquisa foi positivo e significativo. Nas outras duas regressões o coeficiente deu não significativo. Repare que a relação negativa entre impostos e crescimento que foi encontrada nas regressões com dados empilhados permanece na Tabela 3.

Tabela 3: Regressões em painel (efeitos fixos)

	Variável dependente: taxa de crescimento		
	(7)	(8)	(9)
PIB per capita		-0,406*** (0,041)	-0,383*** (0,042)
Eficiência da P&D	0,069*** (0,023)	-0,012 (0,019)	-0,003 (0,019)
Impostos			-0,0001* (0,00004)
Observações	174	174	174
R2	0,075	0,503	0,518
Estatística F	9,302***	57,676***	40,458***

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

A última tabela mostra os resultados das regressões com estimadores de efeitos aleatórios. O resultado repete os encontrados nas tabelas 1 e 2. A eficiência do setor de pesquisa apresenta relação positiva e significativa com o crescimento em todas as regressões, porém a relação o coeficiente da variável que captura os efeitos dos impostos não foi significativo.

Tabela 4: Regressões em painel (efeitos aleatórios)

	Variável dependente: taxa de crescimento		
	(10)	(11)	(12)
PIB per capita		-0,066*** (0,012)	-0,057*** (0,014)
Eficiência da P&D	0,049*** (0,009)	0,031*** (0,009)	0,030*** (0,009)
Impostos			-0,00004 (0,00002)
Constante	1,082*** (0,168)	1,403*** (0,181)	1,304 (0,190)
Observações	174	174	174
R2	0,075	0,503	0,518
Estatística F	9,302***	57,676***	40,458***

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

O coeficiente da eficiência do setor de pesquisa foi positivo e significativo a 1% em dez das doze regressões realizadas, os dois casos em que o coeficiente não foi significativo ocorreram nas estimações com efeitos fixos em modelos com o PIB per capita defasado. A retirada do PIB per capita defasado na terceira regressão da Tabela 3 levaria a um resultado positivo e significativo para eficiência do setor de pesquisa. Esse resultado é preocupante porque o PIB per capita defasado ajuda controlar por efeitos

específicos dos países que podem explicar tanto um crescimento maior quanto uma maior eficiência do setor de pesquisa.

A aplicação do teste de Hausman aponta o modelo de efeitos fixos como mais adequado do que o modelo de efeitos aleatórios. Esse resultado decorre da presença de correlação entre as variáveis explicativas e o termo de erro. O fato da retirada do PIB per capita fazer com que o coeficiente do setor de pesquisa fique positivo e significativo na terceira regressão da Tabela 3, regressão (9), somado ao resultado do teste de Hausman pode levar a conclusão que a relação positiva e significativa entre eficiência do setor de pesquisa e crescimento econômico decorra de outras características presentes nos países que não estão nos modelos estimados. Nesse caso a evidência empírica não daria suporte à relação causal proposta no modelo teórico.

5. Considerações Finais

O artigo apresentou uma versão do modelo de Aghion e Howitt (1992) modificado para incluir impostos tal como desenvolvido em Ellery Jr (2017). O modelo mostra que a eficiência do setor de pesquisa tem impacto positivo no crescimento econômico, mas que os impostos têm impactos negativos.

Foi então apresentada uma medida de eficiência do setor de pesquisa para setenta e três países considerando períodos de cinco anos entre 2001 e 2020. Foi observado que a medida de eficiência caiu durante o tempo, ou seja, o investimento necessário para obter uma patente aumentou no período. Dos setenta e três países da amostra o Brasil ficou na quinquagésima primeira posição no período de 2016 a 2020, melhor do que a quinquagésima quinta posição obtida no período entre 2001 e 2005, mas ainda abaixo da média.

A regressão com dados em cross-section encontrou evidência de que a eficiência do setor de pesquisa tem efeitos positivos na taxa de crescimento, porém não foi encontrado efeito significativo da variável que usada para capturar os efeitos dos impostos. Nas regressões em painel, os estimadores de dados empilhados e de efeitos aleatórios encontraram relação positiva e significativa entre a medida de eficiência do setor de pesquisa e a taxa de crescimento do PIB per capita. O modelo de efeitos fixos encontrou essa relação apenas em uma das regressões. A combinação de resultados sugere que a relação encontrada nos outros painéis decorra de características do país que possam afetar tanto o crescimento quanto a eficiência do setor de pesquisa.

A relação negativa entre crescimento e impostos, também estabelecida no modelo teórico, foi encontrada na análise cross-section e no modelo com dados em painel estimado com efeitos fixos. Nesse caso o resultado foi robusto à inclusão de características do país que possam afetar tanto o crescimento quando os impostos.

Futuras pesquisa podem focar no desenvolvimento de medidas mais completas de eficiência do setor de pesquisa, em particular podem ser considerados outros produtos como publicação de artigos científicos ou medidas de impacto dos resultados encontrados. Trabalhos buscando analisar a relação em um determinado país também podem enriquecer a discussão apresentada nesse artigo.

Referências

- Aghion, Philippe e Peter Howitt. *The Economics of Growth*. MIT, 2009.
- Aghion, Philippe e Peter Howitt. A Model of Growth through Creative Destruction. *Econometrica*. v.60, n2, 1992.
- Barro, Roberto. Government Spending in a Simple Model of Endogenous Growth. *Journal of Political Economy*. v.98, 1990.
- Ellery Junior , 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.
- Fernández, Carmen, Eduardo Ley w Mark F. J. Steel. Model Uncertainty in Cross-Country Growth Regressions. *Journal of Applied Econometrics*, v.16, n.5, 2001.
- Keuschnigg, Christian e Evelyn Ribi. Profit Taxation, Innovation and the Financing of Heterogeneous Firms. Universität St. Gallen, Department of Economics, Discussion paper n.2010-01, 2012.
- Keuschnigg, Christian e Evelyn Ribi. Profit taxes and financing constraints. *International Tax and Public Finance*. v.20, n.5, 2013.
- Levine, Ross e David Renelt. A Sensitivity Analysis of Cross-Country Growth Regressions. *American Economic Review*, v.82, n.4, 1992.
- Mankiw, Gregory, David Romer e David Weil. A contribution to the empirics of economic growth. *Quarterly Journal of Economics*, 1992.
- Romer, David. *Advanced Macroeconomics*. McGraw-Hill, 2012.
- Romer, Paul. Endogenous technological change. *Journal of Political Economy*, v.98, n.5, 1990.
- Sala-I-Martin, Xavier. I Just Ran Two Million Regressions. *American Economic Review*, v.87, n.2, 1997.