



Autor Danielle Alencar Parente Torres

Filiação: Embrapa

E-mail: danielle.torres@embrapa.br

A PRODUTIVIDADE TOTAL DOS FATORES NA AGRICULTURA BRASILEIRA: COMPARAÇÃO INTERNACIONAL E OS BENEFÍCIOS DA PESQUISA

TOTAL FACTOR PRODUCTIVITY IN BRAZILIAN AGRICULTURE: INTERNATIONAL COMPARISON AND RESEARCH BENEFITS

**Grupo de Trabalho (GT): <<GT11. Elaboração e análise de política agrícola e políticas
públicas de desenvolvimento rural>>**

Resumo

Este artigo está dividido em duas partes. Na primeira parte, discute-se a importância da produtividade e faz-se uma análise comparativa da variação da produtividade do setor agropecuário no Brasil e no mundo. Em seguida, considerando que o investimento em pesquisa é um importante instrumento de política para aumentar a produtividade da agropecuária, calcula-se uma medida simplificada de razão benefício-custo (RBC) da pesquisa para o Brasil. Os resultados da (RBC) sugerem retornos significativos da pesquisa e essa medida, aliada a outras, pode ser utilizada para informar aos tomadores de decisão da necessidade de se manter e até aumentar os recursos para a pesquisa agrícola, ajudando assim na manutenção do País como grande produtor agrícola mundial.

Palavras-chave: Produtividade, Política, Pesquisa Agrícola, Razão Benefício-Custo

Abstract

This article is divided into two parts. In the first part, a comparative analysis of Brazilian agricultural productivity growth and its main competitors is carried out. Then, considering that investment in research is an important policy instrument to increase agricultural productivity, a simplified measure of a research benefit-cost ratio (BCR) is calculated for Brazil. The results of the (RBC) suggest significant returns from research and this measure, together with others, can be used to inform decision makers of the need to maintain and even increase agricultural research financing, helping to maintain the country position as one of the world's largest agricultural producer.

Key words: Productivity, Policy, Agricultural Research, Benefit-Cost Ratio

1. Introdução

A produtividade é uma questão central para economia porque é um dos principais determinantes do bem estar econômico (Fuglie e Schimmelpfennig, 2010). No setor agrícola em particular, a análise da produtividade é importante devido à sua grande dependência de recursos naturais, os quais são cada vez mais escassos e necessários para a segurança alimentar.

Por essas razões, as tendências da produtividade agrícola precisam ser monitoradas e avaliadas. A evidência de uma desaceleração da produtividade na



agricultura pode ser um prenúncio de aumento nos preços dos alimentos, de maior pressão sobre o meio ambiente e de retrocessos em relação ao cumprimento dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável das Nações Unidas.

No caso brasileiro, dado que o setor agropecuário é de extrema importância para a economia, análises sobre os padrões de produtividade têm se tornado cada vez mais frequentes. Nesse contexto, este estudo tem por objetivo contribuir para a literatura e fomentar a discussão sobre a formulação de políticas públicas orientadas ao setor agrícola nacional e sobretudo destacar o papel da pesquisa através de dois estudos paralelos: 1) uma análise comparada da produtividade da agropecuária brasileira com seus principais países competidores e 2) uma análise de razão benefício-custo da pesquisa, ou investimento em P&D, para avaliar sua importância como instrumento de política pública agrícola.

Um dos principais estudos que demonstram a importância dos investimentos em P&D para a produtividade agrícola é (Fuglie e Schimmelpfennig, 2010). Nele os autores salientam que o investimento em pesquisa e desenvolvimento (P&D) geralmente envolve um período de defasagem para atingir um determinado impacto. Evidências de uma desaceleração devem ser tratadas com urgência, porque sua reversão, através do aumento de gastos em P&D, pode levar uma década ou mais.

Em 2007, a perspectiva de uma desaceleração generalizada e significativa da produtividade agrícola no mundo foi levantada no Relatório *World Development Report 2008* (Banco Mundial, 2007), onde os dados mostravam uma desaceleração das taxas de crescimento da produção de arroz, milho e trigo, nos países em desenvolvimento. Alston, Beddow e Pardey (2009) encontraram que entre 1961-1990 e 1990-2007, as taxas de crescimento para essas culturas incluindo a soja caíram aproximadamente pela metade, em todo o mundo, e que as taxas de crescimento das produtividades de terra e trabalho também tinham diminuído.

Eles atribuíram a desaceleração da produtividade principalmente ao declínio das taxas de crescimento dos gastos públicos em P&D agrícola, e alertaram para a possibilidade de preços de alimentos mais altos, caso as tendências não fossem revertidas. Alston e Pardey (2014) atualizaram essa análise, com dados até 2011, e continuaram a encontrar uma desaceleração no rendimento das culturas. No entanto, a evidência de uma desaceleração da produtividade da terra do crescimento da produtividade, em geral, mostrou-se evidente apenas quando a China era excluída dos dados mundiais. A taxa de crescimento da produtividade do trabalho, depois de 1990, se acelerou para o mundo, para a China e para os 29 maiores produtores (aqueles que representam cerca de 70 por cento da produção global da agricultura), mas registrou uma pequena desaceleração para os 154 menores produtores. No entanto, os autores concluíram que: “Ninguém contesta a evidência de que as taxas de crescimento dos rendimentos das lavouras e a produtividade da terra e do trabalho diminuiu para o mundo como um todo, excluindo a China”.

Fuglie (2018), ao contrário de Alston e Pardey (2014), considera que essa hipótese de desaceleração não se sustenta quando se observa as tendências da Produtividade Total dos Fatores (PTF). Na PTF a produtividade é considerada através de uma comparação entre o produto da agricultura e a quantidade de insumos - uma combinação de trabalho, terra, capital e insumos intermediários - utilizados para a produção. O crescimento da PTF é estimado como a diferença entre a taxa de

crescimento médio dos produtos e insumos. Ou seja, se o produto total está crescendo mais rapidamente do que os insumos, isso significa que cada unidade de produto está sendo produzida com uma quantidade menor de insumos e a produtividade média dos insumos, ou PTF, cresce.

Alguns exemplos de estudos que analisaram a produtividade para países são: Avila e Evenson (2010) que encontraram, para países em desenvolvimento, um crescimento da PTF equivalente a 1,39% por ano, no período 1961-1980, e 2,31%, no período 1981-2001. Ludena et al. (2007) analisaram a PTF para o mundo como um todo e encontraram, para os mesmos períodos acima, um aumento de 0,60% e 1,29%, respectivamente. O *Economic Research System* (ERS, em inglês), instituição vinculada ao Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA, em inglês) também tem analisado a produtividade global e seus resultados mostram uma aceleração da PTF nas décadas de 1990 e 2000, quando comparadas com as décadas anteriores (Fuglie, 2015).

Importante destacar que para se estimar a PTF são necessários dados sobre preços e quantidades dos insumos e produtos da agricultura. Para estudos internacionais, os dados da FAO têm sido os mais utilizados, no entanto, esses dados possuem algumas deficiências principalmente nas medidas de trabalho e capital, além de possuírem poucas informações sobre preços. Por causa dessas características dos dados da FAO, Alston e Pardey (2021) fazem ponderações em relação às medidas que utilizam esses dados e relembram que a produtividade é sempre um resíduo não explicado ou como Abramovitz (1956, p.11) descreveu: "...algum tipo de medida da nossa ignorância sobre as causas do crescimento econômico." Autores como Schultz e Griliches foram capazes de identificar formas para reduzir esses resíduos e houve avanços nesse sentido, no entanto, os dados do USDA baseados nos dados da FAO ainda mostram um grande resíduo, sobretudo nos países de renda mais baixa.

Apesar dessa preocupação em relação à deficiência dos dados, Fuglie (2018) argumenta que uma forte evidência de que não está havendo desaceleração na produtividade é a de que a taxa de crescimento dos produtos da agricultura não diminuiu. Ao contrário, desde 1961 houve uma tendência de aumento e inclusive de aceleração nas últimas décadas. Embora os dados utilizados para mensurar a PTF tenham problemas de qualidade, as evidências não sugerem que tenha havido uma aceleração maior no uso dos insumos do que a do crescimento do produto. Na verdade, os dois principais insumos utilizados na agricultura (terra e trabalho) têm apresentado um declínio, em níveis absolutos, desde o início do milênio. Por sua vez, o uso de capital e insumos intermediários continuam aumentando, mas não em uma taxa acelerada.

O presente artigo segue dividido em quatro seções. Após essa introdução, faz-se uma análise da tendência e posicionamento da produtividade agropecuária do Brasil em relação ao mundo e aos principais países produtores, durante o período 1970-2019. Em seguida, na seção três, avalia-se os benefícios da pesquisa para a produtividade, para isso conduz-se uma análise de razão custo-benefício (RCB), por fim, na seção quatro apresentam-se as considerações finais.

2. Análise da PTF no Mundo, no Brasil e em alguns países selecionados



Diante das preocupações em relação à tendência da produtividade agropecuária e sua possível desaceleração, esse estudo prospectivo se inicia com uma discussão sobre como a produtividade total dos fatores (PTF) é medida e, em seguida, faz-se uma análise da PTF do Brasil em relação aos principais produtores mundiais.

2.1 - Metodologia

A produtividade total dos fatores é considerada uma das medidas que fornece mais informações sobre a performance da agricultura pois considera terra, trabalho, capital e materiais utilizados na produção e compara com o produto total bruto da lavoura e pecuária (ERS/USDA, 2021). Quando o produto total cresce mais do que o uso de insumos, considera-se que houve um aumento da PTF. Esta medida difere de outras, como rendimento da terra ou valor adicionado por trabalhador, porque inclui um número maior de insumos utilizados na produção. Uma forma prática para mensurar as mudanças na PTF ao longo do tempo é a contabilidade de crescimento (growth accounting) em que a PTF é definida como a razão entre o produto total (Y) e o total de insumos (X):

$$PTF = Y/X \quad (1)$$

De acordo com o ERS/USDA (2021), insumos e produtos são muito heterogêneos o que dificulta a obtenção de definições em termos reais para produtos e insumos, no entanto, utilizando-se a teoria dos números índices (Caves, Christensen and Diewert, 1982) é possível se obter definições de crescimento de insumo e de produtos. As mudanças na PTF ao longo do tempo são encontradas comparando-se a taxa de variação do produto total com a taxa de variação do total dos insumos. As mudanças ao longo do tempo na equação (1), quando expressa em logaritmos, tornam-se:

$$\frac{d \ln(PTF)}{dt} = \frac{d \ln(Y)}{dt} - \frac{d \ln(X)}{dt} \quad (2)$$

O que significa que taxa de variação na PTF é a diferença entre a taxa de variação do produto e insumo agregados.

Considerando I produtos (com $i = 1, \dots, I$) e J insumos (com $j = 1, \dots, J$), e que os mercados estão em equilíbrio competitivo e que há retornos constantes de escala, a equação (2) pode ser reescrita como

$$\ln \left(\frac{PTF_t}{PTF_{t-1}} \right) = \sum_i R_i \ln \left(\frac{Y_{it}}{Y_{it-1}} \right) - \sum_j C_j \ln \left(\frac{X_{jt}}{X_{jt-1}} \right). \quad (3)$$

Onde $\ln \left(\frac{PTF_t}{PTF_{t-1}} \right)$ é o crescimento da produtividade total dos fatores; $\sum_i R_i \ln \left(\frac{Y_{it}}{Y_{it-1}} \right)$ é o crescimento total do produto; e $\sum_j C_j \ln \left(\frac{X_{jt}}{X_{jt-1}} \right)$ é o crescimento total do insumo. R_i é a participação do produto i na receita total e C_j é a participação do input j no custo total. Sendo assim, o crescimento total do produto na agricultura é estimado quando se soma as taxas de crescimento de cada produto ($\ln \left(\frac{Y_{it}}{Y_{it-1}} \right)$) ponderadas pela sua

participação nas receitas (R_i). Da mesma forma, obtém-se o crescimento total dos insumos somando as taxas de crescimento de cada insumo ($\ln\left(\frac{X_{jt}}{X_{jt-1}}\right)$) ponderadas pela sua participação nos custos (C_j). Essas taxas de crescimento são utilizadas para a construção de um índice fixando um ano base com o valor de 100. O número índice de um ano particular reflete a mudança percentual no valor da série entre o ano e o ano base.

Uma diferença entre os métodos de construção de número índice é se os pesos dos custos e receitas devem variar ou permanecer fixos. Os índices de Paasche e Laspeyres usam pesos fixos enquanto o Tonqvist-Thiel usa pesos variáveis. Pesos variáveis diminuem a possibilidade do “viés de número índice” que acontece quando os produtores fazem substituições entre os produtos e insumos de acordo com a relativa lucratividade ou custo (Gasques et al. 2004).

2.2 – Evolução da PTF no Brasil e no mundo

Para a comparação entre o Brasil e outros países do mundo são utilizadas as estimativas de PTF construídas pelo ERS/USDA, que usam dados da FAO para a construção dos números índice tendo como base o período de 2014-2016. Mais especificamente, para a construção das medidas de quantidade, o ERS utilizou dados anuais da FAO para o período 1961-2019 de produtos das lavouras e pecuária e de insumos que incluem terra, capital, fertilizantes e ração. Para o insumo mão de obra, os dados foram levantados junto à Organização Internacional do Trabalho. O conjunto de preços globais médios foram derivados a partir da medida de valor bruto da produção agrícola da FAOSTAT dividida pela quantidade bruta produzida, possibilitando chegar a um valor ou preço unitário em \$/tonelada métrica para cada commodity.

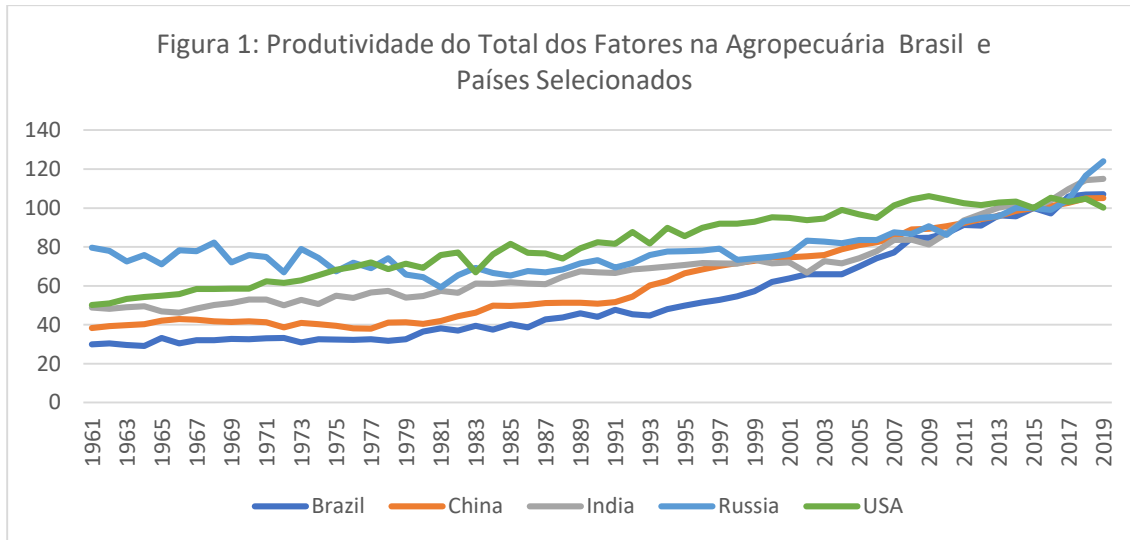
O índice de insumos agrícolas totais é uma agregação da quantidade de trabalho, terra, capital e insumos intermediários empregados na produção agrícola. Para mão-de-obra, terra e capital, os fluxos anuais de serviços de quantidades “estoque” desses insumos são combinados com gastos anuais em insumos intermediários adquiridos e fornecidos pela fazenda, divididos em seis categorias: trabalho, terra agrícola, duas formas de insumos de capital (máquinas agrícolas e pecuária) e dois tipos de insumos intermediários (fertilizantes inorgânicos e ração animal). A principal fonte de informação é a FAO, que publicou estimativas anuais a partir de 1961 para cada país.

Para a construção dos números índices e a PTF o ERS/USDA adaptam o modelo apresentado acima (eq. 1 a 3), usando a função $g(.)$ para representar a taxa anual de crescimento de uma variável de modo que o crescimento do produto pode ser decomposto entre o crescimento da PTF e o crescimento dos insumos multiplicado pela participação nos custos:

$$g(Y) = g(PTF) + \sum_{j=1}^J C_j g(X_j) \quad (4)$$

Onde cada termo $C_j g(X_j)$ representa o crescimento do custo quando se utiliza o j -ésimo insumo para aumentar o produto, mantendo preços fixos.

Esses dados gerados pelo ERS/USDA permitem a construção de um panorama da evolução nas últimas décadas da PTF no Brasil em relação aos seus maiores países competidores (China, Índia, Rússia e Estados Unidos) que pode ser visualizado na Figura 1 abaixo. No período de 1961 até o início dos anos 80, a PTF do Brasil permaneceu relativamente constante e nos anos seguintes há uma clara tendência de crescimento da PTF. Observa-se que a PTF da China apresenta evolução semelhante à evolução do Brasil.



Fonte: ERS/USDA (2021).

Embora a Figura 1 permita uma visualização da evolução da PTF, ela não oferece uma análise mais detalhada de seus componentes nem da variação ao longo do tempo. Esses serão os objetivos da próxima seção.

2.3 Os Componentes e o Crescimento da PTF – Brasil, Países Seleccionados e Mundo

Para a análise dos componentes e do crescimento da PTF, foram mantidos os mesmos países representados na Figura 1, mas optou-se pelo recorte temporal em décadas. Para cada década a partir de 1961, o taxa de média variação é calculada através da estimação por mínimos quadrados ordinários dos parâmetros β nos seguintes modelos (Fuglie, 2015),

$$\begin{aligned} \ln Y_q &= \alpha_q + \beta_q t + e \\ \ln Y_x &= \alpha_x + \beta_x t + e \end{aligned} \quad (5)$$

Onde $\ln Y_q$ e $\ln Y_x$ são respectivamente o logaritmo natural do índice de produto q e do índice de insumo x elaborados pelo ERS/USDA (2021), baseado nas equações (1) a (3) descritas acima. α_q e α_x são constantes, e β_q e β_x são as taxas de variação do produto e do insumo. t varia de 1 a 10 dentro de cada década. Por exemplo para a década de 1961 a 1970, $t=1$ se refere ao ano de 1961, $t=2$ ao ano de 1962 e $t=10$ ao ano de 1970. e é o termo erro. Com o modelo 5 estimado, a taxa de variação da PTF é então estimada como $\overline{PTF} = \widehat{\ln Y_q} - \widehat{\ln Y_x}$. Os resultados podem ser visualizados na Tabela 1. Nas primeiras duas décadas, os Estados Unidos se destacam, com

aumentos da PTF de 2,08% e 2,19% ao ano, para os períodos 1961-70 e 1971-79, respectivamente. Já o Brasil apresentou uma variação na PTF de 1,7% e -0,14%, para o mesmo período. Ressalta-se o pequeno crescimento do índice de insumos para os Estados Unidos significando que o crescimento do produto ocorreu principalmente devido ao aumento de produtividade. China e Índia apresentaram um aumento de produtividade semelhante ao do Brasil, enquanto a Rússia teve um decréscimo de produtividade. O mundo como um todo também teve um pequeno aumento de produtividade, indicando que na maioria dos países o crescimento do produto ocorreu devido ao aumento no uso de insumos. De acordo com Fuglie (2015), após a revolução verde nos anos sessenta e setenta que aumentou o rendimento das culturas, as taxas de crescimento do produto tiveram um pico e depois começaram a declinar até os anos noventa.

Tabela 1: Crescimento da PTF e seus componentes no Brasil, Mundo e Países Selecionados 1961-2019

	Países						
	Brasil	China	Índia	Indonésia	Rússia	EUA	Mundo
1961-1969							
Produto	3,30	5,04	1,42	2,16	4,09	2,19	2,85
Insumo	2,13	3,90	1,08	0,97	4,21	0,11	2,66
PTF	1,17	1,14	0,34	1,19	-0,12	2,08	0,19
1970-1979							
Produto	3,5	3,02	2,59	2,94	1,06	2,46	2,33
Insumo	3,64	3,27	1,69	1,52	2,01	0,27	1,74
PTF	-0,14	-0,27	0,9	1,42	-0,95	2,19	0,59
1980-1989							
Produto	3,71	5,01	3,63	4,73	2,13	0,34	2,3
Insumo	1,45	2,27	1,76	4,67	0,95	-0,56	1,31
PTF	2,26	2,74	1,87	0,06	1,18	0,90	0,99
1990-1999							
Produto	3,67	6,22	3,00	2,28	-6,62	1,96	2,27
Insumo	0,95	1,82	1,99	1,31	-7,29	0,51	0,58
PTF	2,72	4,40	1,01	0,97	0,67	1,45	1,69
2000-2009							
Produto	4,58	3,58	3,33	4,39	2,20	1,29	2,65



Insumo	0,96	1,32	1,18	1,89	0,46	0,07	0,76
PTF	3,62	2,26	2,15	2,50	1,74	1,22	1,89
2010-2019							
Produto	2,27	2,04	3,17	4,06	3,67	1,48	2,18
Insumo	-0,04	0,33	0,36	0,83	0,39	1,53	0,81
PTF	2,31	1,71	2,81	3,23	3,28	-0,05	1,37
2000-2019							
Produto	3,36	2,92	3,56	4,49	2,38	1,25	2,46
Insumo	0,23	0,91	0,67	1,38	0,29	0,75	0,82
PTF	3,13	2,01	2,89	3,11	2,09	0,5	1,64
1961-2019							
Produto	3,68	4,32	2,97	3,80	0,00	1,47	2,29
Insumo	1,26	2,35	1,56	2,27	-0,59	0,19	1,18
PTF	2,40	1,97	1,41	1,53	0,59	1,28	1,11

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados do ERS/USDA (2021).

Especificamente no Brasil, é preciso compreender que, nas duas décadas acima mencionadas, o setor estava inicialmente sujeito a políticas que foram implementadas após a segunda guerra mundial e tinham por objetivo estabelecer uma base industrial independente, substituindo insumos importados por produzidos domesticamente, através de políticas de substituição de importações (PSI). Estas políticas impunham pressões na agricultura que eram diretas e indiretas como quotas para exportações, licenças, tarifas, controle sobre a importação de insumos, esta última causava um aumento nos preços - de fertilizantes, químicos e máquinas - acima dos preços internacionais (Graham, Gauthier e Barros, 1987).

O final dos anos 1970 e início dos anos 1980 marcam uma nova fase em que três fatores desempenharam papéis críticos. O primeiro fator foi a continuidade da abertura da economia, em que a soja impulsionou a expansão das exportações agrícolas processadas e semiprocessadas. Graham, Gauthier e Mendonça de Barros (1987) estimam que a tonelagem métrica de soja cresceu 17,88% de 1961 a 1970 e 18,61% de 1971 a 1980. Um segundo estudo mostra que a produção de soja entre 1966 e 1977 cresceu a uma taxa de 37,6% por ano, tornando o Brasil o terceiro maior produtor de soja e o segundo maior exportador de soja em meados da década de 1970 (Baer, 2008). Os subsídios à exportação para promover as exportações agrícolas processadas, especificamente a soja, coincidiram com controles comerciais e cotas para discriminar produtores agrícolas de outras commodities primárias em favor de processadores agroindustriais (Graham, Gauthier e Mendonça de Barros, 1987). Um exemplo foi o imposto de exportação de 50% sobre os produtores de café, no final da década de 1970 (Helfand e Rezende, 2001). Com o crescimento de



commodities agrícolas selecionadas para exportação, a produção de alimentos foi continuamente marginalizada para áreas de fronteira. Com a produção transformando-se e tornando-se cada vez mais mecanizada, com consolidação das propriedades, aumento de preços da terra, alteração nos contratos de trabalho que deixaram de ser de arrendamento e participação para oportunidades temporárias sazonais (Graham, Gauthier e Mendonça de Barros, 1987). O crédito rural subsidiado tornou-se o principal instrumento de fomento ao crescimento da agricultura, no entanto, foi destinado principalmente aos produtores mais avançados tecnologicamente e com propriedades maiores.

A continuação das estratégias de substituição de importações na década de 1970 e início de 1980 foi um fator adicional na segunda fase da transformação agrícola do Brasil. Uma dessas estratégias do PSI foi a independência energética, denotada pela criação do PROALCOOL, em 1977. O PROALCOOL foi um programa governamental destinado a substituir o etanol de cana-de-açúcar por petróleo importado (Baer, 2008). Essa iniciativa empurrou ainda mais a produção agrícola para a fronteira, desta vez levando a pecuária e a produção de soja para a região centro-oeste (Graham, Gauthier e Mendonça de Barros, 1987, Schnepf, Dohlman e Bolling, 2001).

O terceiro fator que contribuiu para a segunda fase de transformação agrícola do Brasil foi a criação da Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) em 1973, sob o Ministério da Agricultura e Abastecimento. Antes da reorganização do sistema nacional de pesquisa agropecuária criando a Embrapa, o desenvolvimento agropecuário se concentrava em culturas exportáveis, a pesquisa agropecuária era subfinanciada e mal gerida, e faltava investimento em formação de capital humano e serviços de extensão rural (Graham, Gauthier e Mendonça de Barros, 1987).

Percebe-se que essas duas décadas foram bastante dinâmicas, algumas vezes com políticas desfavoráveis ao setor agrícola em geral, outras favoráveis a uma parcela dos produtores. Destaca-se ainda que nesse período houve ainda o choque do petróleo que aumentou os custos de produção.

Nas duas décadas seguintes (1980-1989 e 1990-1999), houve um maior aumento da produtividade no Brasil de 2,26% e 2,72%, em média, nos dois períodos respectivamente. Entre os atuais grandes produtores mundiais, apenas a China apresentou aumento de produtividade maior do que o Brasil. Quando se observa os dados do Mundo, também houve um aumento da produtividade, sobretudo no período 1990-1999. Interessante notar que o aumento do produto no mundo foi, em média, de 2,30% e 2,27%, de certa forma com um crescimento estável. De acordo com Fuglie (2015), sobretudo no período de 1990-1999 houve aumento de produtividade de trabalho e terra e foi quando o aumento de produto na agricultura passou a se dar sobretudo devido aos aumentos na produtividade. De acordo com Fuglie (2020), foi o crescimento da PTF, a partir dos anos 1990, em países em desenvolvimento que levou à aceleração da PTF no mundo. Ele menciona que enquanto nas décadas de 60 e 70 o crescimento anual da PTF em países em desenvolvimento era em média menos do que 1%, nos anos 1990 o crescimento da PTF dobrou chegando próximo a 2% ao ano.

Para o Brasil, no período 2000-2009, a PTF apresentou um crescimento médio anual de 3,62%, com o crescimento do produto equivalente a 4,58%. Já nos EUA, a



variação na PTF, para esse mesmo período, foi de 1,22% e no mundo como um todo 1,89%. Na última década analisada, 2010-2019, embora tenha havido crescimento de produtividade, a taxa de crescimento foi menor do que na década anterior para Brasil, China, EUA e o mundo (tabela 1). Já para Índia, Indonésia e Rússia houve aumento em relação ao período anterior.

Quando se analisa a variação da PTF para os principais produtores mundiais, durante todo o período 1961-2019, o Brasil foi o que apresentou um maior crescimento médio anual. Observando os últimos 20 anos, o Brasil mais uma vez se destacou com a maior taxa de crescimento anual, com a Indonésia apresentando taxa de crescimento similar. Essas informações mostram a liderança do Brasil como um grande produtor mundial que continua sendo mais produtivo do que vários de seus competidores.

3. Análise Benefício-Custo Simplificada da Pesquisa Agropecuária Pública

Nessa seção, utiliza-se a metodologia desenvolvida em Alston et al. (2020) para construção de uma medida de custo-benefício para o caso do Brasil e dos países selecionados na seção 2 no período de 1970 a 2019. Partindo do pressuposto de que os gastos com P&D são bastante relacionados à produtividade da agropecuária Alston et al. (2020), no estudo em que analisam o impacto da pesquisa do CGIAR, calcularam o benefício da pesquisa a partir do valor do crescimento da produtividade agropecuária para o mundo e para regiões em valores presente de 2016. Em seguida, calculam o valor presente dos custos com a pesquisa para chegar a uma razão entre benefício e custo. Essa metodologia simplificada baseia-se na ideia de contrafactual, ou seja, como seria o mundo hoje se os investimentos em P&D não tivessem sido realizados. Uma forma de implementação desse contrafactual é considerar quais seriam as consequências hoje de se voltar aos padrões de produtividade que existiam em um determinado ano, mantendo o uso de insumos constante.

O valor dos benefícios do aumento de produtividade em um dado país j e ano t comparado a um ano inicial it é dado pela equação (6),

$$k_j VP_{jt}. \quad (6)$$

Onde $k_j = \frac{(PTF_{j,t} - PTF_{j,it})}{PTF_{j,it}}$, $PTF_{j,t}$ é o índice de produtividade total dos fatores no país j ano t , $PTF_{j,it}$ é o índice de produtividade total dos fatores no país j ano inicial da série it e tem valor base igual a 100. VP_{jt} é uma medida de valor da produção agrícola no ano t . k_j representa, portanto, o percentual da produtividade no ano t que seria perdido caso não tivesse havido progresso tecnológico a partir de it . Uma vez multiplicado o valor da produção em t (VP_{jt}) por k_j chega-se a uma medida de valor dos benefícios do aumento de produtividade. O valor dos benefícios da pesquisa em determinado período entre t e it é então estimado como uma proporção de $k_j VP_{jt}$.

Para a aplicação dessa metodologia ao caso brasileiro e seus competidores destacados na Seção 2, são utilizados para a construção de k os mesmos dados de PTF para os países construídos pelo ERS/USDA (vide seção acima) e para o valor da produção serão utilizados os dados da FAOSTAT. A Tabela 2 apresenta na primeira coluna o índice de PTF considerando 1970=100; na segunda coluna o valor da

produção agrícola em bilhões de PPP de 2016 e na terceira coluna os benefícios totais também em bilhões de PPP de 2016.¹

Para o mundo como um todo, os benefícios do crescimento da produtividade foram estimados em \$ 1743 bilhões. Alston et al. (2020) argumentam que metade do total dos benefícios podem ser atribuído às pesquisas públicas e privadas. Destaca-se que Brasil, China, Índia e Indonésia representam aproximadamente 58% dos benefícios totais do mundo. Chama atenção a China com o equivalente a \$ 542 bilhões de benefícios. Para o Brasil, os benefícios do aumento da produtividade foram equivalentes a \$ 171 bilhões, valor superior ao dos Estados Unidos.

Tabela 2: Valor em 2019 do Crescimento da PTF desde 1970

Países	PTF (1970=100)	AgVOPj 2019	Benefícios Totais 2019	Valor Presente dos Benefícios (1971-2019)*	Valor Presente dos Benefícios (1971-2019)**
	2019		Em bilhões de \$ Internacionais de 2016		
Brasil	329,20	246,52	171,63	4.255,34	5.751,46
China	252,16	898,60	542,24	14.496,22	19.188,51
Estados Unidos	171,18	365,58	152,02	8.059,03	12.788,39
Índia	217,48	429,63	232,08	5.034,72	6.933,12
Indonésia	230,37	101,25	57,30	1.299,86	1.835,45
Rússia***	163,48	98,01	38,06	-	-
Mundo	179,80	3.927,35	1.743,01	46.513,05	64.686,94

Fonte: Elaboração da autora a partir de dados do ERS/USDA e FAOSTAT.

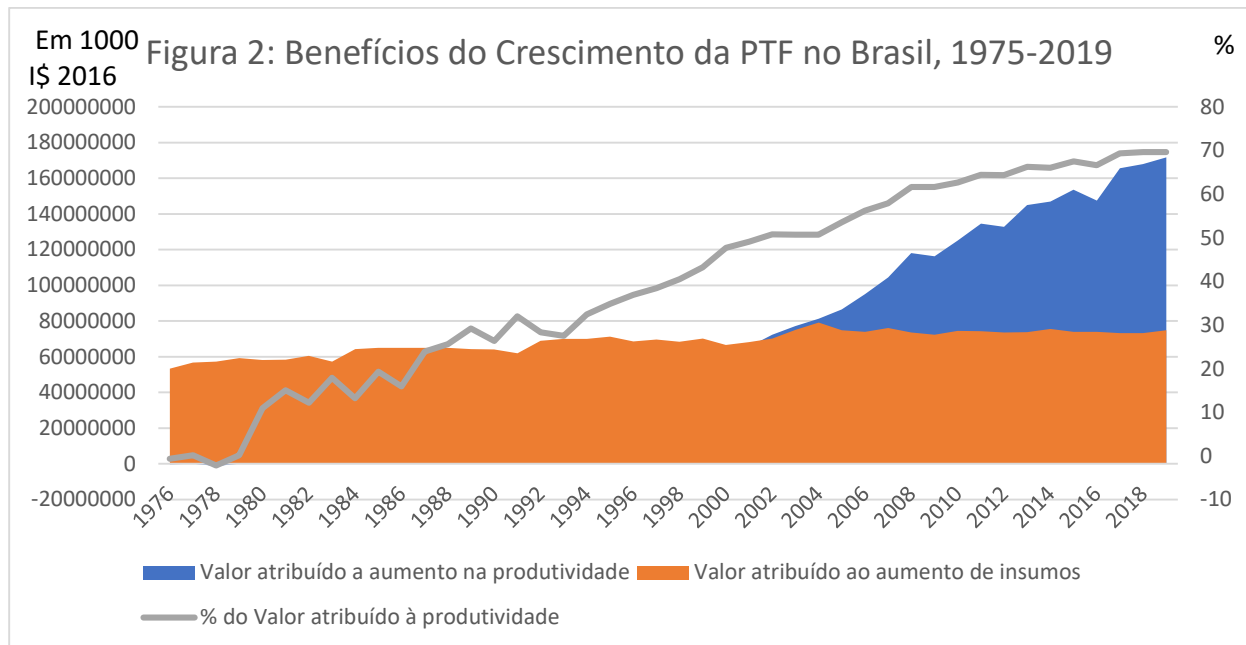
Notas: * Utilizando uma taxa de desconto de 3% e ** utilizando uma taxa de desconto de 5%.

*** Os dados de valor da produção agrícola não estavam disponíveis para o período 1970-1991, por isso não foi calculado o valor presente dos benefícios para o período 1971-2019.

Como só existem dados disponíveis para a estimação dos custos com pesquisa agrícola no Brasil a partir de 1975, e eles serão utilizados para o cálculo da razão custo-benefício para os investimentos em P&D, o valor dos benefícios foram também calculados para o período 1975-2019. Mantendo valores constantes a 2016, a Figura 2 abaixo apresenta o exemplo caso a produtividade na agricultura brasileira tivesse se mantido constante aos níveis de 1975. Isso implicaria que o padrão dos produtos e insumos teria ficado o mesmo, ou seja, a cada ano os índices de produto e insumo seriam iguais. O valor do produto pode ser decomposto em duas partes: i) a parte em laranja no gráfico representa o valor do produto se as quantidades de insumo tivessem ficado constantes, ou seja, caso não tivesse havido aumento de produtividade e o

¹ Usa-se 2016 como ano base para efeito de comparação com os resultados apresentados por Alston e Pardey (2020).

valor contrafactual em t seria equivalente $aVC_t = VP_t(\frac{100}{PTF_t})$; e ii) a parte em azul é o valor residual em t (VR_t), representando o valor adicional de produto que é atribuído ao crescimento da produtividade $VR_t = VP_t(\frac{PTF_t-100}{PTF_t})$. À medida que a produtividade vai crescendo ao longo do tempo, a participação do valor da produção que é atribuído ao crescimento da produtividade aumenta e passa a representar aproximadamente 50%, a partir do ano 2000.



Fonte: Elaboração da autora a partir de dados do ERS/USDA e FAOSTAT.

Passando para uma aproximação simplificada de uma análise de razão benefício-custo (RBC), faz-se uma justaposição do valor dos benefícios acumulados pelo aumento de produtividade contra o valor presente dos custos da pesquisa. Neste exemplo específico, utilizou-se os gastos da Embrapa como uma proxy para os investimentos em P&D públicos da agropecuária brasileira. Seguindo Alston et al. (2020), serão utilizadas duas taxas de desconto (3% e 5%) e os autores assumem ainda que aproximadamente 50% dos benefícios do aumento de produtividade podem ser atribuídos ao investimento em pesquisa pública e privada. Além disso, vamos apresentar algumas suposições em relação à pesquisa pública, vamos supor que i) metade dos 50% do valor presente dos benefícios seja pesquisa pública (25%) e a outra metade pesquisa privada; ii) que 30% seja pesquisa pública (20% privada) e iii) vice-versa (20% pública e 30% privada).

Podemos considerar que essas suposições são conservadoras, já que os gastos com a pesquisa agropecuária brasileira ao longo do tempo têm sido predominantemente públicos. Mais recentemente o setor privado tem aumentado a sua participação, mas, no entanto, considerando que os gastos com pesquisa têm impactos duradouros ao longo do tempo, o valor presente desses benefícios hoje ainda pode ser majoritariamente atribuído ao setor público. A Tabela 3 mostra que os resultados encontrados para RBC variam de 20,1 a 30,2 quando se considera uma

taxa de desconto de 5% e 21,3 a 32,0 quando se considera 3%. Os valores são bastante altos, mesmo considerando uma participação de apenas 20% da pesquisa pública nos benefícios dos ganhos de produtividade. Ainda assim, acreditando que 20% de atribuição é um percentual conservador, a pesquisa pública, aqui representada pelos seus gastos, tem papel fundamental para o aumento da produtividade e seus benefícios superam largamente os custos.

Tabela 3: Aproximação simplificada de uma Análise Benefício Custo da Pesquisa Pública

	Valor Presente dos Custos	Valor Presente dos Benefícios da Pesquisa pública em 2019		
		30% de Atribuição	25% de Atribuição	20% de Atribuição
Em Itálico (bilhões de \$ Internacionais de 2016) e RCB em negrito				
3% Taxa de Desconto	39,9	1.279	1064	853
		32,0	26,7	21,3
5% Taxa de Desconto	57,3	1.731	1442	1.154
		30,2	25,2	20,1

Fonte: Elaboração da autora a partir de dados do ERS/USDA, FAOSTAT e Embrapa.

4. Considerações Finais

Este artigo analisou a PTF da agropecuária brasileira e seus componentes ao longo do tempo, considerando o Brasil, o mundo e alguns países selecionados. Foram utilizados dados do ERS/USDA para calcular as taxas de crescimento de produto, insumos e PTF. Durante o período 1961-2019 a taxa de crescimento média do produto no Brasil foi de 3,68% com a PTF sendo a principal responsável pelo aumento do produto, com 2,40%. No mundo, o produto cresceu 2,29% e a PTF 1,11%, para o mesmo período. Dentre os países selecionados, o Brasil apresentou o maior crescimento da PTF, seguido da China com 1,97%.

Quando se analisa o período mais recente, 2000-2019, o crescimento do produto foi em média 3,36%, com a PTF aumentando em 3,13%. Nesse mesmo período, o mundo teve um incremento de 2,46% no produto e 1,64% na PTF. O segundo país com maior crescimento na PTF foi a Indonésia com 3,11%. Dividindo esse período em (2000-2009) e (2010-2019), percebe-se que tanto produto quanto PTF cresceram mais no primeiro período. O segundo período, apresentou uma menor variação positiva da PTF, mas pode se considerar que a PTF foi responsável por todo o aumento no produto, já que houve uma diminuição no uso de insumos.

É importante que se monitore constantemente essa evolução da PTF, sobretudo em um contexto de aumento de demanda por alimentos e de preocupações crescentes com a segurança alimentar. A sustentação de aumentos em produtividade agrícola como bem apontado pela literatura implica investimentos em pesquisa agrícola, a qual requer um período relativamente longo para ser desenvolvida, e para

que seus frutos, produtos e tecnologias criados, sejam transferidos e adotados pelos produtores.

Após essa análise do posicionamento da produtividade da agropecuária brasileira em relação aos maiores produtores mundiais, passou-se a uma análise baseada em uma metodologia simplificada de razão benefício-custo da pesquisa. Para isso, utilizou-se novamente os dados do ERS/USDA para cálculo da variação a produtividade, além de dados da FAO de valor bruto da produção. Para o mundo como um todo, em 2019, os benefícios do crescimento da produtividade foram estimados em \$1,743 bilhões, metade do total desses benefícios pode ser atribuído às pesquisas públicas e privadas. Destaca-se que Brasil, China, Índia e Indonésia representaram aproximadamente 58% dos benefícios totais do mundo.

Para o Brasil, a análise sobre a razão benefício-custo da pesquisa agrícola apresentou valores entre 20 e 30, dependendo das suposições sobre qual percentual dos benefícios da produtividade (20%, 25% ou 30%) podem ser atribuídos à pesquisa. Esses números indicam que os investimentos em pesquisa têm proporcionado grandes benefícios para a produtividade e produção do setor agropecuário brasileiro.

Vale salientar que por ser uma análise simplificada, é importante considerar esses números em conjunto com outras evidências. De todo modo, os percentuais dos benefícios utilizados na análise foram bastante conservadores quando comparados com os utilizados pela literatura que aplicou a mesma metodologia em outros contextos (Alston et al. (2020)), o que sugere que os benefícios da pesquisa para o crescimento da produtividade agrícola brasileira sejam de fato altos.

Referências

Abramovitz, M. Resource and output trends in the United States since 1870. *The American Economic Review*, 46(2), 1956, 5–23.

Alston, J.; Babcock, B.; Pardey, P. Shifting patterns of global agricultural productivity: synthesis and conclusion. In: Alston, J., Babcock, B., Pardey, P. (eds.) *The Shifting Patterns of Agricultural Production and Productivity Worldwide*, CARD-MATRIC, 2010, on-line volume, Center for Agricultural and Rural Development, Ames, Iowa.

Alston, J.; Beddow, J.; Pardey, P. Agricultural research, productivity and food prices in the long run. *Science* 325, 4, 2009, 1209-10.

Alston, J.; Pardey, P. Agriculture in the global economy. *J Econ. Perspectives* 28(1), 2014, 121–146.

Alston, J.; Pardey, P.; Rao, X. The payoff to investing in CGIAR research. 2020. Disponível em:

https://supportagresearch.org/assets/pdf/Payoff_to_Investing_in_CGIAR_Research_final_October_2020.pdf. Acesso em: 04 de Abr 2022.

Alston, J.; Pardey, P. The economics of agricultural innovation. Handbook of Agricultural Economics, Volume 5, 2021, 3895-3980.

Avila, A.F.D.; Evenson, R.E. Total factor productivity growth in agriculture: The role of technology capital. In, Handbook of Agricultural Economics, Volume 4 (P. L. Pingali and R.E. Evenson, eds.). Amsterdam: Elsevier, 2010, pp. 3769-3822.

Baer, W. The Brazilian Economy. 2008. London: Lynne Rienner Publish.

Banco Mundial. World Development Report 2008 : Agriculture for Development. Washington, DC. © World Bank. Disponível em: <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/5990>. Acesso em: 20 de Abr. 2022.

Economic Research System/ United States Department of Agriculture (ERA/USDA). International Agricultural Productivity – Documentation and Methods. 2021. Disponível em: <https://www.ers.usda.gov/data-products/international-agricultural-productivity/documentation-and-methods/#overview>. Acesso em 04 de Abr. 2022.

FAOSTAT. Value of Agricultural Production. 2021. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QV>. Acesso em 04 de Abr. 2022.

Fuglie, K.; Schimmelpfennig, D. Introduction to the special issue on agricultural productivity growth: a closer look at large, developing countries. Journal of Productivity Analysis
Journal of Productivity Analysis, 33(3), June, 2010, 169-172.

Fuglie, K. O. Accounting for growth in global agriculture. Bio-based and Applied Economics, 4(3), 2015, 201–234.

Fuglie, K. O. Is agricultural productivity slowing? Global Food Security, 17, 2018, 73–83.

Fuglie, K. O. Documentation and methods: Methodology for measuring international agricultural total factor productivity (TFP) growth. 2021. Washington, D.C.: United States Department of Agriculture, Economic Research Service. <https://www.ers.usda.gov/dataproducts/international-agricultural-productivity/documentation-and-methods/>.

Gasques, J.G.; Bacchi, M.R.P.; Bastos, E.T.; Valdes, C. PTF e impactos de políticas públicas. RPA, 30, 3, 2021, pp. 72-77.

Graham, D.; Gauthier, H.; Barros, J. Thirty Years of Agricultural Growth in Brazil: Crop Performance, Regional Profile, and Recent Policy Review,” Economic Development and Cultural Change, 36,1987, 20, 1-34.



Helfand, S.; Rezende. The Impact of Sector-Specific and Economy-wide Policy Reforms on the Agricultural Sector in Brazil: 1980-98, Contemporary Economic Policy, 22, 2, 2004, 194-212.

Ludena, C.E.; Hertel, T.W.; Preckel, P.V., Foster, K., Nin, A. Productivity growth and convergence in crop, ruminant, and nonruminant production: Measurement and forecasts. Agric. Econ. 37, 2007, 1–17.

Rada, N.; Helfand, S.; Magalhães, M.S. Agricultural productivity growth in Brazil: large and small farms excel. Food Policy 84: 176–85, 2019.

Schnepf, R.; Dohlman, E.; Bolling, C. Agriculture in Brazil and Argentina: Developments and Prospects for Major Field Crops. WRS-01-3, 2001, Economic Research Service, U.S. Department of Agriculture.