

Excedente Marshaliano Agregado do Produtor Agropecuário: Estimativas Regionais de um Modelo Estocástico Computacional

Marcelo de Oliveira Passos¹
Carla Simone Mota²
Matheus Salies Alquati³
Jean Rodrigues Venecian⁴

Área 7: Economia Agrária e Ambiental

Resumo: Este artigo possui três objetivos: (i) estimar os *excedentes marshallianos dos produtores agropecuários* para as regiões do Brasil no ano 2016, por intermédio de um modelo estocástico de simulação computacional baseado em agentes heterogêneos; (ii) calcular estimativas para os PIBs agropecuários potenciais e para os valores do PIB corrente das regiões do Brasil também para o ano de 2016 (a última estimativa de PIB agropecuário realizada pelo IBGE é de 2009); (iii) estimar, com base nos cálculos citados, os valores de PIBs agropecuários potenciais e correntes per capita (para as populações totais e rurais do Brasil).

Palavras-chave: Economia computacional baseada no agente; excedente agregado do produtor agropecuário; PIB agropecuário potencial; modelo estocástico de simulação.

Códigos JEL: C63; Q11; R11

Abstract: This article has three objectives: (i) to estimate the *marshallian producer's agricultural surplus* in Brazilian regions for the year 2016, by the means of a multiagent stochastic computational simulation model based on heterogeneous agents; (ii) to evaluate estimates of potential agricultural GDP and the current GDP for the regions of Brazil, also for the year 2016 (the last estimate of agricultural GDP was measured by IBGE in 2009); (iii) to estimate, based on the mentioned computations, the potential and the current per capita agricultural GDP (for total and rural brazilian population).

Keywords: Agent-based computational economics, aggregate surplus of agricultural producer; potential agricultural GDP; simulation stochastic model.

JEL Codes: C63; Q11; R11

✓ Este artigo contou com o suporte financeiro da Capes – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior do Ministério da Educação e Cultura.

¹ Professor adjunto do Departamento de Economia e do Mestrado em Economia Aplicada da Universidade Federal de Pelotas (PPGOM/UFPel). Pós-doutorado no *Research Unit on Complexity and Economics* (UECE) do Instituto Superior de Economia e Gestão da Universidade de Lisboa (ISEG). E-mail: profpassos@uol.com.br.

² Economista da Athos Investimentos e graduada em Ciências Econômicas na UFPel (Universidade Federal de Pelotas/RS). E-mail: carlasimonemota@hotmail.com.

³ Mestre em Economia Aplicada pelo Programa de Pós-Graduação em Organizações e Mercados (PPGOM/UFPel). E-mail: malquati@yahoo.com.

⁴ Professor do Departamento de Economia da UFPel. Mestre em Economia Aplicada pelo Programa de Pós-Graduação em Organizações e Mercados (PPGOM/UFPel). E-mail: jean.venecian@gmail.com.

1. Introdução

O objetivo geral deste artigo consiste em apresentar as estimativas dos PIBs potencial e real para o ano de 2016. Além disso, também propomos o conceito de *excedente marshalliano agregado do produtor agropecuário*, doravante chamado de EPRA (excedente do produtor agropecuário). Estas estimativas são obtidas por meio de modelo estocástico de simulação computacional baseado em agentes heterogêneos.

Um excedente marshalliano é uma medida de bem-estar que se refere a duas quantidades de bens ou serviços normais vinculadas por uma relação de consumo (no caso do excedente do consumidor) ou de produção e venda (no caso do excedente do produtor). Nesse sentido, o excedente do consumidor é o ganho monetário auferido pelos consumidores na medida em que eles podem comprar um produto ou serviço por um preço que é menor do que o preço mais alto que eles estariam dispostos a pagar. O próprio Marshall definiu assim o seu conceito de excedente:

“Já vimos que o preço que se paga por uma coisa não excede nunca, e raramente atinge, o que se estaria disposto a pagar antes que privar-se dela; de modo que a satisfação que se obtém com a compra excede geralmente aquela de que se priva ao pagar o seu preço, resultando, portanto, da compra de um excedente de satisfação. Esse excedente de satisfação mede-se economicamente pela diferença entre o preço que comprador consentiria em pagar para não se privar da coisa e o preço que pagou na realidade. Podemos chamá-la de excedente do consumidor (consumer’s surplus).” (Marshall, 1890, p. 189)

No caso do excedente do produtor, temos o valor que os produtores ganham ao vender um bem ou serviço por um preço de mercado mais alto do que, no mínimo, aquele valor pelo qual eles estariam dispostos a vender. Conforme Besanko e Braeutigam (2002, p. 569): “O excedente do produtor corresponde à área acima da curva de oferta e abaixo do preço de equilíbrio”. Cabe também ressaltar que o excedente do produtor não corresponde ao lucro econômico. Em geral é maior, pois de acordo com Frank (1997):

“O excedente do produtor mede em quanto é que a empresa beneficia como resultado de ter oferecido a quantidade de produto que maximiza o seu lucro. É tentador afirmar que o excedente do produtor é simplesmente o seu lucro econômico, mas, geralmente, tal não acontece. (...) *O excedente do produtor é a soma do lucro econômico e do custo fixo. No curto prazo, o excedente do produtor é maior do que o lucro econômico*, pois a empresa perderia mais do que o seu lucro econômico se não tivesse entrado no mercado.” (Frank, 1997, p. 352-353).

Com efeito, o cálculo do EPRA agregado regional, representa o quanto o produtor agropecuário pode esperar de ganho para o ano de 2016.

Detalhadamente, o modelo busca atingir três objetivos específicos: (i) estimar os EPRA para as regiões do Brasil no ano 2016; (ii) calcular estimativas para os PIBs agropecuários potenciais e para os valores dos PIBs correntes das regiões do Brasil também para o ano de 2016. Algo que consideramos como relevante, porque *a última estimativa de PIB agropecuário realizada pelo IBGE é de 2009 e, conforme foi amplamente noticiado, o censo agropecuário agendado para 2017 foi adiado em razão do ajuste fiscal em curso*⁵. Portanto,

⁵ http://www.ibge.gov.br/home/disseminacao/destaques/2016_04_18_comunicado_censo_agropecuario.shtml

ainda que as nossas estimativas não queiram substituir a técnica mais direta, custosa e superior do recenseamento, acreditamos que elas podem auxiliar na tomada de decisões dos produtores agropecuários ; (iii) estimar, com base nos cálculos citados, os valores de PIBs agropecuários potenciais e correntes per capita (para as populações totais e rurais do Brasil).

Utilizam-se as séries temporais anuais dos PIBs agropecuários dos estados da federação. Estas séries iniciam-se em 1985 e terminam no último dado divulgado pelo IBGE, referente ao ano de 2009. Cada agente do modelo é um produtor rural que deseja investir em seu estado. A referida projeção é feita por dois métodos: ARIMA e OLS. Os agentes escolhem, entre os dois, o método que gerou a melhor previsão (o que possui menor erro quadrático médio). Em seguida, utiliza-se uma taxa estocástica de desconto intertemporal (uma *proxy* para a taxa média de juros para empréstimos direcionados ao setor agropecuário, cuja fonte é o Banco Central), para trazer tais projeções para o ano de 2016 e estimar o PIBs agropecuários corrente e potencial, sendo o intervalo entre os dois definido como sendo um novo indicador proposto para auxiliar a tomada de decisão de investidores agropecuários: *o excedente marshalliano do produtor agropecuário*.

A segunda seção, após esta introdução, apresenta uma breve análise do processo de financiamento do setor agropecuário.

A terceira seção descreve o modelo matemático que serve como base para as simulações do modelo computacional, a fim de detalhar as bases para a construção da metodologia aqui empregada.

A quarta expõe as estimativas produzidas pelas simulações estocásticas computacionais, que são descritas em tabelas e gráficos e analisadas.

As considerações finais encerram o artigo.

2. Modelo estocástico multiagente de estimação do excedente agregado do produtor agropecuário e do PIB agropecuário potencial

De acordo com o modelo baseado em agentes aqui proposto podemos, a partir de técnicas simulação computacional baseada em agentes heterogêneos, elaborar estimativas de PIB agropecuário potencial e de EPRA regionais e regionais per capita para cada estado do país. Como cada estado é um agente heterogêneo, com a agregação destas estimativas é possível obter estimativas para as regiões do Brasil e para o Brasil, como um todo. A inovação desta abordagem consiste em construir tais indicadores a partir de uma perspectiva de *bottom-up* (partindo da dinâmica dos agentes, de modo desagregado, para a formação do PIB potencial agregado brasileiro) e não com base em uma análise usual de *top-down* (isto é, a partir da desagregação do PIB agropecuário nacional).

O modelo computacional baseado no agente (que fazem parte dos estudos da *ACE-Agent based computational economics*) tem a vantagem de possibilitar o uso de sistemas dinâmicos que retratam o comportamento de agentes homogêneos ou heterogêneos que interagem entre si. Este tipo de análise é adaptativa e permite explorar questões de simulação do tipo “*what if*” (o que foge do escopo deste artigo), com as quais é possível formular hipóteses e testá-las rapidamente. Outra vantagem é que essa metodologia nos permite a geração de cenários onde a incerteza desempenha papel predominante (a incerteza é inserida neste modelo por meio do seu componente estocástico).

Conforme Banks e Carson (1984) e também segundo Shannon (1975) as características desejáveis dos modelos de simulação computacional são:

- Simplicidade no modelo;
- Ser evolucionário, incorporando outras características com menor grau de complexidade;

- Ter objetivos e propostas definidas e delimitadas;
- Ser atualizável e adaptativo;
- Possuir a completude necessária em questões relevantes;
- Permitir facilmente a participação do usuário.

Na utilização de sistemas de modelos matemáticos e computacionais de simulação, podemos construir, dissipar, reconstruir ou alterar várias vezes um sistema real. Fazer isto não é tão custoso como outros métodos de análise convencional, além de não afetar o funcionamento do sistema real simulado.

Por meio do desenvolvimento do modelo baseado em agentes dentro da abordagem *bottom-up*, será possível obter as estimativas de: (i) PIBs agropecuários potenciais dos estados e das regiões da federação; e (ii) os EPRAs regionais, EPRAS per capita população total e EPRAS per capita população rural, que pode ser definido como sendo o valor que um produtor rural pode esperar ao decidir investir em sua produção, dado pela dedução do PIB agropecuário corrente do PIB agropecuário potencial. Nesse sentido, o referido excedente é um hiato do PIB agropecuário, obtido com base no comportamento dos mercados agropecuários estaduais considerados como agentes heterogêneos em um modelo computacional.

2.1. O design dos agentes heterogêneos

Um agente heterogêneo do nosso modelo é um estado da federação, que projeta o seu PIB agropecuário tendo por base uma série temporal deste PIB desde 1985 até o último dado obtido que é o de 2009. Este agente não troca informações com outro agente heterogêneo do modelo. Os agentes, por suposto, também não transacionam bens e serviços entre si. Assim, estas transações estão implícitas no cálculo dos seus PIBs agropecuários e não há uma “rede” de exportações ou importações estaduais definidas pelo modelo. Cada estado-agente apenas faz a projeção do seu PIB agropecuário com vistas à produção de estimativas de excedente do produtor agropecuário.

Para LeBaron (2000), quando se constrói um modelo baseado no agente, o modelador enfrenta uma série de questões básicas, que devem ser respondidas, referentes ao design do modelo. O autor afirma que provavelmente a mais relevante das questões é o *design* do próprio ambiente econômico. Para LeBaron (2000), o design de modelos baseados no agente deve basear-se na definição das seguintes características:

- Preferências - As questões sobre os tipos de preferência são críticas. Deveriam ser preferências simples do tipo média/variação, ou deveriam ser na forma de aversão ao risco relativo constante e padrão? Além disso, outro ponto importante é se as preferências são do tipo míope ou são intertemporais? As preferências intertemporais são objeto do modelo desse trabalho, pois os PIBs agropecuários são projetados e depois descontados a uma taxa referente ao custo do financiamento da produção agropecuária. LeBaron (2000) afirma que elas trazem mais realismo ao custo de maior complexidade no processo de aprendizagem.
- Determinação de preços - muitos modelos focam-se no problema fundamental da formação de preços e o método para a determinação de preços é crítico. Nesse modelo o foco recai sobre a formação do PIB agropecuário potencial e dos excedentes do produtor agropecuário⁶.

⁶ Somando os vetores dos PIBs agropecuários potenciais dos estados, obtivemos o PIB potencial agropecuário regional.

- Evolução e aprendizagem - por simplicidade, supõe-se aqui que os agentes evoluem e aprendem obtendo informações nas séries temporais anuais de PIBs agropecuários estaduais de 1985 a 2009.
- Representação da informação – importante questão sobre como descrever a maneira pela qual a informação é apresentada aos agentes e como eles a processam. Teoricamente, esta é a difícil tarefa de converter grandes quantidades de séries temporais de informações em um plano conciso para ser apresentado ao agente e facilitar sua interpretação. Neste modelo, os agentes buscam suas informações nas séries mencionadas anteriormente e nos custos de financiamento que serão expostos na seção seguinte. Após eles terem um histórico desses dados, eles o projetam por mínimos quadrados ordinários para dois anos à frente e, finalmente, o descontam pelo valor do custo de financiamento, conforme definiremos na seção 3.1. Esse processo é feito em dois estágios. O primeiro estágio corresponde ao período de crescimento mais rápido dos PIBs agropecuários estaduais e o segundo equivale o seu período de crescimento mais moderado⁷.
- Aprendizagem social – Por enquanto, recorreremos à Navalha de Ockham⁸ para pressupor que, no modelo, não exista nenhum tipo de aprendizagem obtida pela interação entre agentes. Assim, cada agente é especializado na projeção de sua produção agropecuária e ignora as decisões de produção e as projeções dos outros⁹.
- *Benchmarks* – A última questão importante de design é a criação de comparações úteis de benchmarks. É muito importante ter um conjunto de parâmetros para os quais a dinâmica do mercado seja bem entendida. O modelo propõe o uso de um novo *benchmark* denominado de excedente do produtor agropecuário. Esse indicador é a diferença, para cada região do país, entre o PIB agropecuário real estimado e o seu PIB agropecuário potencial, conforme veremos na seção 3.2.

2.2. Metodologia e fontes dos dados

A metodologia se baseia na utilização de um modelo de simulação computacional estocástico intertemporal e multiagente (baseado em agentes heterogêneos que são os estados da federação).

Araújo (2011), considera que:

“A modelação de agentes econômicos ou a Economia Computacional baseada em agentes (Agent-based Computational Economics – ACE) é a parte mais conhecida da Economia Computacional. A Economia Computacional é, naturalmente, mais vasta que a área de modelação de agentes econômicos. Na primeira podem estar incluídas todas as abordagens que utilizem recursos computacionais (técnicas, linguagens ou instrumentos) para a solução de problemas de natureza econômica. Na segunda, além da utilização intensiva de recursos computacionais, devem estar presentes pelo menos duas características: *i*) o desenvolvimento de modelos destinados à

⁷ Todavia, não existe nenhum tipo de aprendizagem obtida pela interação entre eles. Assim, cada agente é especializado na estimação de uma série temporal anual dos valores do PIB agropecuário potencial e outra série com um novo indicador denominado de excedente do produtor agropecuário.

⁸ A “Navalha de Ockham” ou “Princípio da Parcimônia”, conforme Bunge (1999), diz que “entidades não devem ser multiplicadas sem necessidade”. Por esse princípio, um modelo deve usar a mais simples entre duas hipóteses que dão conta dos mesmos dados.

⁹ Para pesquisas futuras, o próximo passo será fazer com que esses agentes interajam entre si e evoluam por meio da inclusão de processos de redes neurais e de mecanismos de evolução e aprendizagem baseadas em técnicas de algoritmos genéticos, que são, conforme LeBaron, um componente útil para os modelos baseados no agente.

reprodução do comportamento de um conjunto de elementos (os agentes econômicos) e *ii*) a possibilidade de replicação do referido comportamento sempre que o modelo volte a ser executado. [...] Devido a estas características, a modelação de agentes é a componente da Economia Computacional que mais se aproxima de uma abordagem de laboratório; onde cada execução do modelo simula o comportamento de uma sociedade.” (Araújo, 2011, p. 221).

Pretende-se apresentar a estrutura e os resultados de um modelo computacional baseado nestes agentes e estimar uma série temporal anual dos valores do PIB agropecuário potencial e outra série com um novo indicador denominado de excedente do produtor agropecuário. É utilizada uma série temporal anual de PIBs agrícolas, desde 1985 até o último dado obtido que é de 2009. A fonte destes dados é o Censo Agropecuário do IBGE. Esta série é projetada PIB até 2017, por meio de MQO, e descontada para o ano de 2016 utilizando uma taxa de desconto intertemporal “*i*”.

O modelo é implementado utilizando os *softwares* R, Gretl 2016b e Mathematica 9.0. O uso do R se justifica pela facilidade de fazer várias regressões ARIMA rapidamente. O Gretl foi usado para a realização das estimações de OLS. No Mathematica 9.0, por meio de simulações de Monte Carlo, realizamos os cálculos da taxa estocástica de crescimento e o desconto das projeções de 2019 para o ano de 2016. O uso do Mathematica 9.0 justifica-se pelo maior grau poder de cálculo na geração de números pseudo-aleatórios em intervalos pré-definidos.

As fontes dos dados são:

- IBGE: PIB Estadual - agropecuária - valor adicionado - preços básicos - R\$, a preços do ano 2000 (mil). Para 2002-2006: Sistema de Contas Regionais Referência 2002. Para 1985-2001: Antigo Sistema de Contas Regionais. Conceito utilizado a partir de 1985 a preços básicos.
- Banco Central – Séries Temporais: dados referentes às taxas de empréstimos fornecidos pelo BNDES e direcionados aos produtores agropecuários. Período: 2010 a 2014.

2.3. Desenvolvimento do modelo

Inicialmente, fez-se uma projeção do PIB agropecuário, usando um banco de dados anual para período de 1985 a 2010¹⁰, por meio do qual estimou-se o produto por mínimos quadrados ordinários (OLS) e ARIMA até 2018.

O processo de desconto intertemporal é feito por meio do uso da seguinte expressão:

$$PIB_{pot}_{2016} = \frac{PIB_{est}_{2019}}{(1 + rp + i - g)^2} \quad (1)$$

Onde: PIB_{2016} é o valor do PIB potencial em 2016; *i* é uma porcentagem da taxa real de juros Selic definida pelo Copom e descontada do IPCA. Uma vez que os investimentos desse setor são feitos à taxas subsidiadas pelo BNDES, que geralmente correspondem a, no máximo, 60% da taxa Selic, adotou-se esse percentual como parâmetro, ficando as simulações com outros

¹⁰ O último dado de PIB agropecuário anual se refere ao ano de 2009.

parâmetros para trabalhos futuros. O denominador é elevado ao quadrado pelo fato de que são 2 períodos de desconto intertemporal entre 2016 e 2018. A taxa g é uma taxa de crescimento que foi calculada como a variação do PIB real de um ano para outro acrescida de um componente estocástico a ser definido mais adiante.

$$g = (PIB_t / PIB_{t-1}) + \Psi \quad (2)$$

O cálculo do termo estocástico da taxa g é dado por uma simulação de Monte Carlo a partir do seguinte algoritmo aplicado no Mathematica 9.0¹¹:

$$\psi = \text{RandomReal} [\{ckmin, ckmax\}] \quad (3)$$

Uma alternativa para os usuários de Excel seria usar a seguinte fórmula:

$$\psi = \text{Rand} () \cdot (g_{max} - |g_{min}|) + g_{min}$$

Onde: *RandomReal[]* é uma função do Mathematica 9.0 que calcula um número pseudo-aleatório real compreendido em um intervalo; *Rand()* é uma função do Excel que gera um número pseudo-aleatório compreendido no intervalo [0,1]; g_{max} é a taxa máxima de crescimento do PIB rural; g_{min} é a taxa mínima deste crescimento.

Deduzimos então esta estimativa do PIB potencial do PIB agropecuário real estimado (PIB_{est}) pelo processo de MQO e também descontado pelas taxas citadas. Com esta subtração calculamos o excedente do produtor rural no ano de 2016, que equivale a:

$$EPRA = PIB_{est2016} - PIB_{pot2016} \quad (4)$$

Onde: EPRA é o excedente do produtor rural agregado; $PIB_{pot2016}$ é o PIB agropecuário potencial de 2016 (calculado pelo modelo de agentes); $PIB_{est2016}$ é o valor do PIB estimado pelo melhor método escolhido pelos agentes (ARIMA ou OLS, o que tiver menor erro quadrático médio).

Sabendo que cada estado brasileiro é um agente heterogêneo e que o país possui 26 estados e um distrito federal, pode-se expressar a equação (4) matricialmente.

Como as estimativas foram feitas a partir de valores descontados de ao longo de dois anos (de 2018 para 2016), inserindo (1) em (5) a equação matricial ficará da seguinte forma:

¹¹ Algumas fontes úteis sobre o Mathematica e o seu uso na Economia: Blachman (1992), Varian (1993), Kendrick, Mercado & Amman (2005) e Stinespring (2002).

$$EPRA_{(27 \times 1)} = \begin{bmatrix} EPRA_1^1 \\ EPRA_1^2 \\ \vdots \\ EPRA_1^{27} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} PIB_{est2016}^1 \\ PIB_{est2016}^2 \\ \vdots \\ PIB_{est2016}^{27} \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} \frac{PIBest_{2019}^1}{(1+rp+i-g_1)^2} \\ \frac{PIBest_{2019}^2}{(1+rp+i-g_2)^2} \\ \vdots \\ \frac{PIBest_{2019}^{27}}{(1+rp+i-g_{27})^2} \end{bmatrix} \quad (6)$$

Particionando-se (6) obtém-se o conjunto de escalares (7) que vai do primeiro até o 27ª unidade federativa:

$$EPRA_{2016}^1 = \left[PIB_{est2016}^1 - \frac{PIBest_{2019}^1}{(1+rp+i-g_1)^2} \right]$$

$$\vdots$$

$$EPRA_{2016}^{27} = \left[PIB_{est2016}^{27} - \frac{PIBest_{2019}^{27}}{(1+rp+i-g_{27})^2} \right] \quad (7)$$

Por fim, ao agregar-se os 27 escalares do sistema matricial (7), obtém-se o somatório (8) que corresponde à estimativa do excedente agregado do produtor rural.

$$\sum_{t=1}^{n=27} EPRA = \sum_{t=1}^{n=27} PIB_{est2016}^n - \frac{PIBest_{2019}^n}{(1+rp+i-g_n)^2} \quad (8)$$

3. Análise das estimativas

Inicialmente examinaremos os determinantes dos EPRAs das regiões brasileiras. Na segunda subseção, analisaremos os EPRAs per capita e rural per capita.

3.1. Determinantes dos EPRAs regionais

O excedente agregado do produtor é um indicador que revela o quanto de crescimento em sua produção um empresário rural pode esperar em um ano. Ele é calculado pela comparação do PIB potencial agropecuário estimado com o valor atual do PIB agropecuário. Pode ser positivo ou negativo. Se for negativo ele indica que há um potencial de queda na produção agropecuária no horizonte de um ano.

Com base no modelo descrito na seção 2, foram elaboradas as simulações computacionais com os parâmetros definidos na tabela 1. Estes parâmetros correspondem às taxas de crescimento máximas e mínimas para cada estado e região do país. Eles compõem o intervalo sobre o qual serão calculados os valores correspondentes a simulação de Monte Carlo realizada no software Mathematica 9.0. Convém ressaltar que optamos pelo uso deste software pelo fato de que os números pseudo-aleatórios gerados por ele são obtidos de forma mais precisa do que os gerados por planilhas de cálculo como o Excel. Nesse sentido, os valores da tabela 1 são os valores máximos e mínimos que foram inseridos na fórmula (11). Os números pseudo-aleatórios gerados fazem parte do processo de simulação estocástica do modelo e, finalmente, são inseridos como sendo os valores g dos vetores-linha que forma o sistema vetorial (9). Os resultados desse sistema são as estimativas analisadas nessa seção. Como critério de calibração¹², adotamos o pressuposto de que o g_{max} equivale a 20% acima da média registrada no período de 1985-2009 e que g_{min} equivale a 70% desse valor máximo. Com efeito, esses dois valores formam as faixas de variação da simulação estocástica.

Após a realização das simulações, as estimativas obtidas para os PIBs potenciais agropecuários e para o valor atual do PIB em 2014, por região, estão descritas no gráfico 1.

Percebe-se que apenas a região sudeste possui EPRA com tendência de queda. Considerando o fato de ter-se escolhido aqui a melhor e mais robusta simulação (ainda que as outras, descartadas, tenham apresentado resultados próximos), e também verificando que os EPRA das demais regiões foram positivos, com destaque para as regiões centro-oeste e norte que possuem ainda estoque considerável de terras produtivas não ocupadas, avaliamos este fator como relevante para investigações futuras.

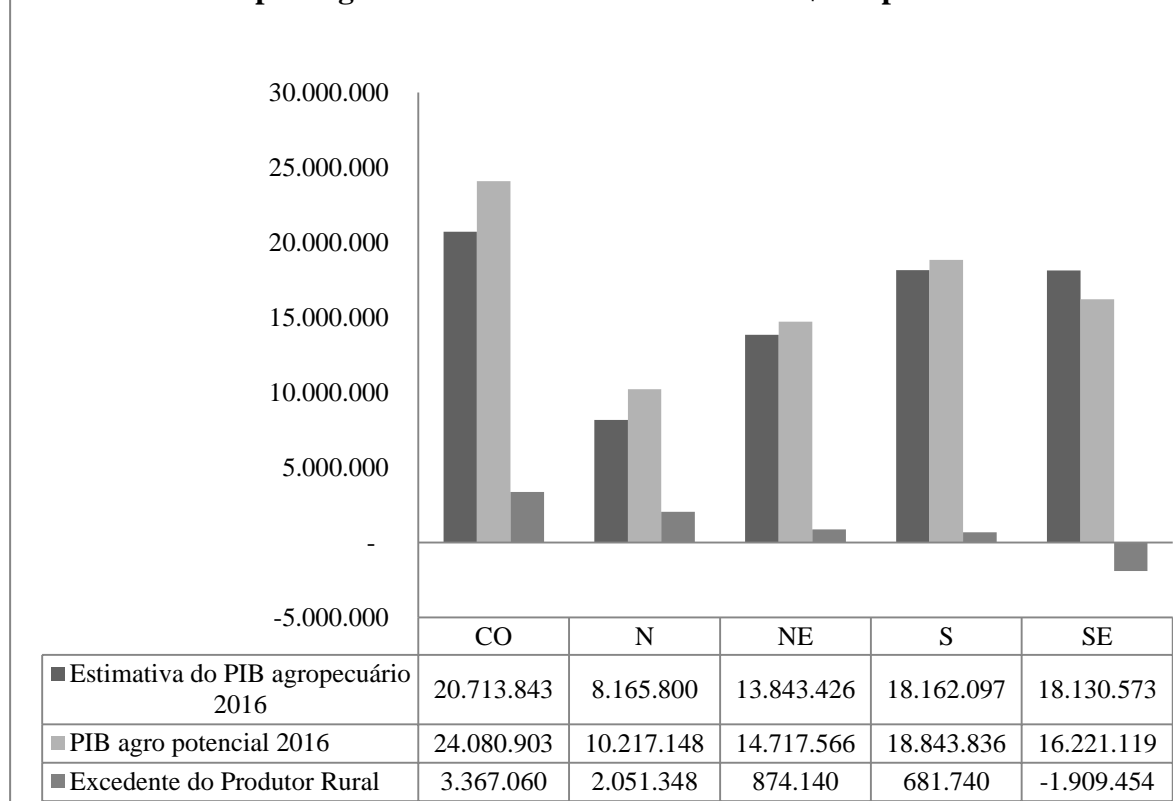
Tabela 1 – Parâmetros que compõem as faixas de variação da simulação estocástica do modelo

Estado ou região	g_{max}	g_{min}	Estado ou região	g_{max}	g_{min}
<i>Região Sudeste (SE)</i>			<i>Região Sul (S)</i>		
ES	7,84%	2,85%	PR	1,72%	0,63%
MG	1,33%	0,48%	RS	2,09%	0,76%
RJ	-1,55%	-0,56%	SC	3,64%	1,33%
SP	1,70%	0,62%			
<i>Região Centro-Oeste (CO)</i>			<i>Região Nordeste (NE)</i>		
DF	20,01%	7,28%	AL	3,40%	1,24%
GO	3,51%	1,28%	BA	1,33%	0,48%
MS	-0,27%	-0,10%	CE	1,87%	0,68%
MT	14,23%	5,17%	MA	4,62%	1,68%
<i>Região Norte (N)</i>			PB	2,18%	0,79%
AC	13,45%	4,89%	PE	0,85%	0,31%
AM	7,66%	2,79%	PI	3,18%	1,16%
AP	6,22%	2,26%	RN	11,73%	4,27%
PA	4,17%	1,52%	SE	1,30%	0,47%
RO	12,31%	4,47%			
RR	19,10%	6,95%			
TO	11,50%	4,18%			

Fonte: Elaboração dos autores

¹² Para critérios e formas de calibração ver: Werker e Brenner (2004), Manner (1995) e o clássico livro de Shannon (1975).

Gráfico 1 - Excedente agregado do produtor agropecuário por regiões do Brasil - estimativas em R\$ mil para 2016

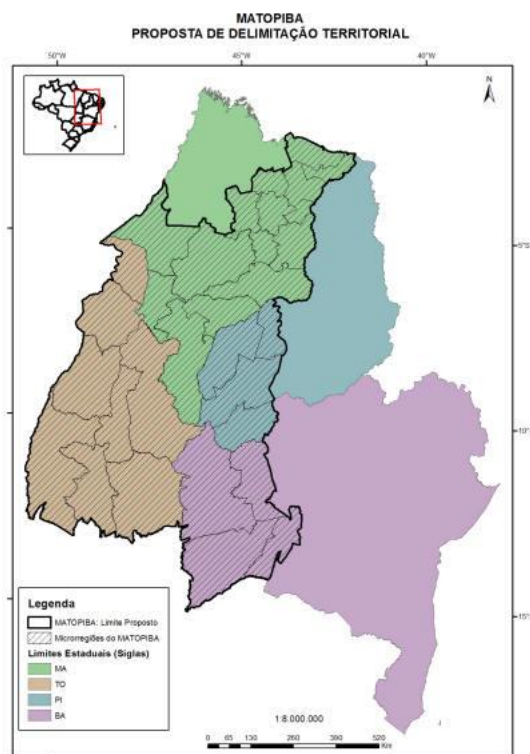


Fonte: Estimativas do modelo a partir de dados do IBGE.

Estimamos os níveis satisfatórios de EPRA obtidos pelos estados da região norte e nordeste. Por que isto ocorreu justamente nas duas regiões com menor incorporação de capital e produtividade (gráfico 5) das cadeias do agronegócio? A resposta está em um acrônimo: MATOPIBA (região do cerrado que envolve parte dos estados do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia). Esta região tem uma área agricultável de cerca de 20 milhões de hectares, descontando as reservas ecológicas. Aproximadamente 8 milhões de hectares estão ocupados com a produção de grãos e fibras. Este território agrícola, respondeu em 2015 por 9,7% de toda a produção de grãos do País e é o 4º maior produtor de grãos do Brasil. Destes quatro estados, apenas o Tocantins, que pertence a região norte do país, está situado totalmente dentro do MATOPIBA (Mapa 1). As regiões norte e nordeste, somadas, foram as regiões do país com maior número de grandes projetos desde 2007. Deste modo, conforme o GITE (Grupo de Inteligência Territorial Estratégica da Embrapa), a expansão desta fronteira agrícola foi caracterizada por tecnologias de alta produtividade¹³.

¹³ <https://www.embrapa.br/gite/projetos/matopiba/matopiba.html>.

Mapa 1 – Região do MATOPIBA

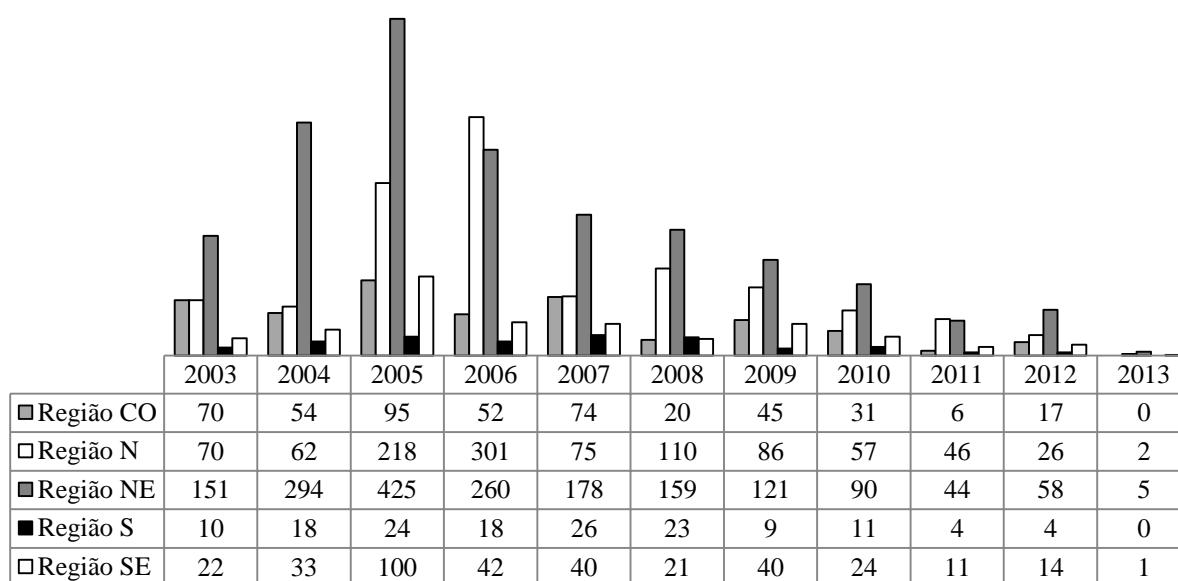


Fonte: Embrapa e Incra

Outro ponto importante que reforça a importância do estoque de terras férteis disponíveis para produção futura, é que a região sudeste, que possui EPRA negativo, é justamente a que apresenta maior produtividade e incorporação de capital e a menor disponibilidade destas terras. Conforme Balsadi (2007), Souza Lima et al. (2009) e Alvim e Dimande (2010), no setor agrícola a produtividade do trabalho é muito influenciada pela mecanização das diversas etapas do processo produtivo dos bens primários. Assim, consideramos que os períodos de seca e baixa disponibilidade de novas terras férteis com índices pluviométricos adequados, foi uma condicionante importante para o resultado negativo desta região.

A região sudeste sentiu a queda dos investimentos em anos anteriores decorrente: (i) da espera pela maturação de investimentos feitos previamente; (ii) da retração da economia mundial no período da grande recessão cujo epicentro se deu no segundo semestre de 2008 e que lançou a economia brasileira em uma recessão no ano de 2009, com a recuperação em 2010 sendo motivada pelo dispêndio público, consumo das famílias e crédito à bens de consumo duráveis e ao financiamento imobiliário (nenhum destes fatores está associado positivamente com investimentos no setor agropecuário); (iii) na redução significativa do número de projetos agropecuários, ainda que a área plantada tenha aumentado nesse triênio (gráfico 3).

Gráfico 3 - Número de grandes projetos agropecuários por região no Brasil - 2003 a 2013

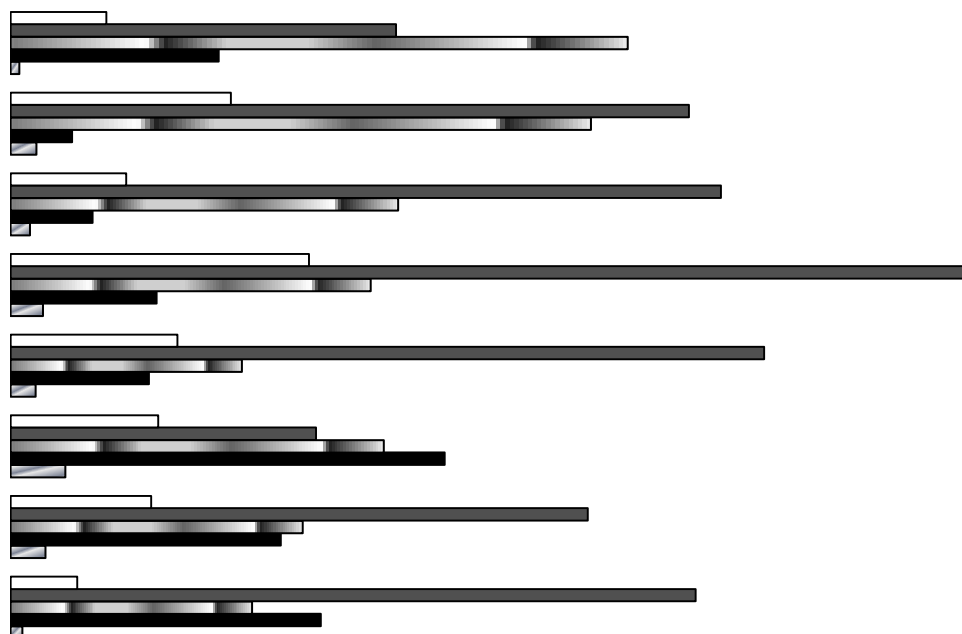


Fonte: Ministério do Desenvolvimento Agrário (MDA).

Em que pese o fato de os dados mais recentes do Censo Agropecuário, descritos no gráfico 4, se referirem ao ano de 2006, o que eles revelam ao serem conjuntamente analisados é a considerável concentração regional das máquinas e equipamentos agrícolas que permitem ganhos expressivos de escala na produção agropecuária. Esta concentração verifica-se justamente nas regiões sul, sudeste e centro-oeste.

Nesse sentido, a maior produtividade destas regiões associada às estimativas positivas de EPRA (à exceção da região sudeste), decorrem do uso mais intensivo das máquinas e equipamentos em grandes propriedades rurais e da obtenção de economias de escala. Estas máquinas são os pulverizadores e/ou atomizadores, as colheitadeiras e as semeadeiras e/ou plantadeiras.

Gráfico 4 - Concentração de máquinas e implementos agrícolas por regiões brasileiras em 2006 (em % do total)



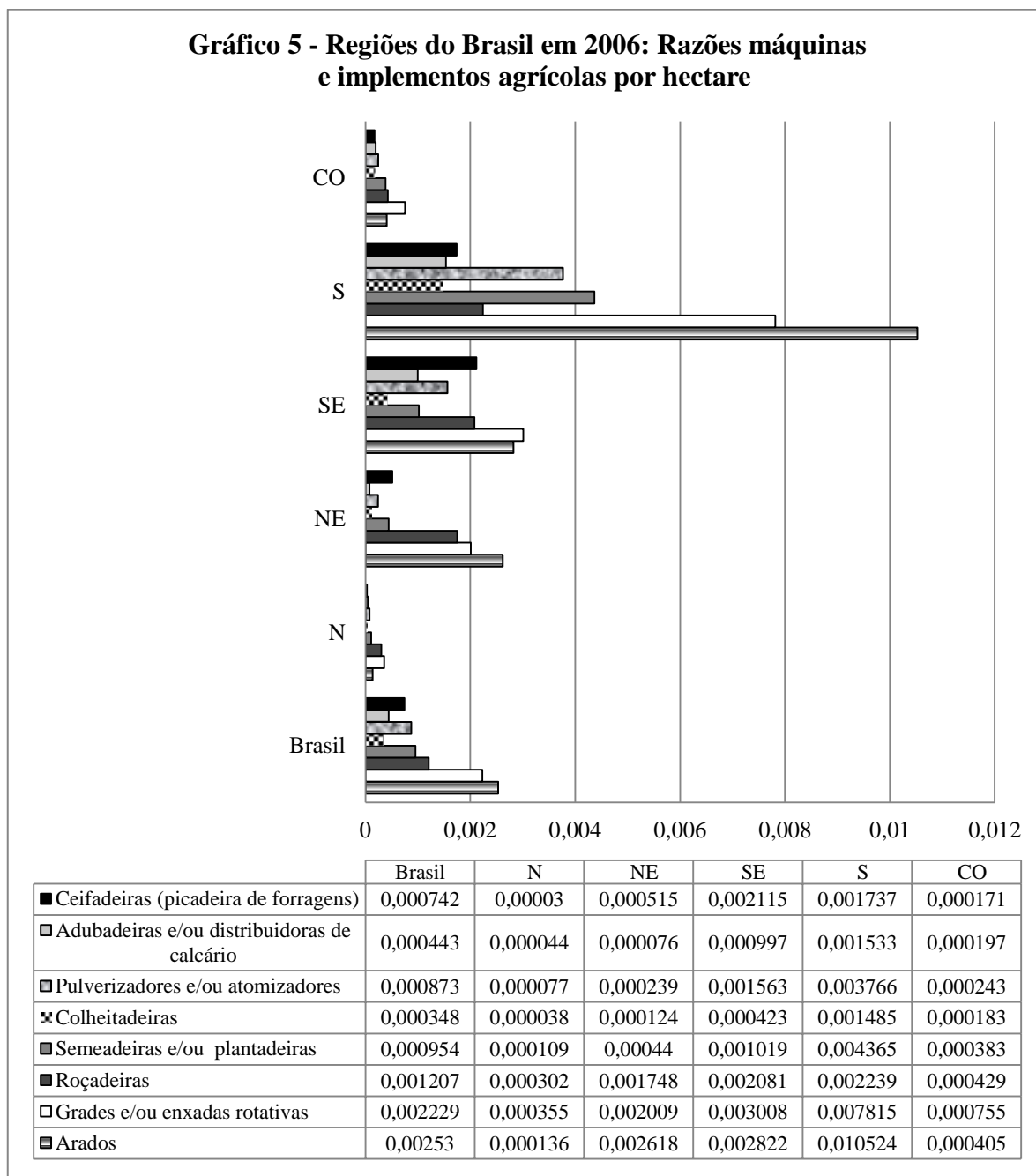
	Arados	Grades e/ou enxadas rotativas	Roçadeiras	Semeadeiras e/ou plantadeiras	Colheitadeiras	Pulverizadores e/ou atomizadores	Ajubadeiras e/ou distribuidoras de calcário	Ceifadeiras (picadeira de forragens)
□ Centro-Oeste	5,06	10,69	11,22	12,69	22,68	8,79	16,75	7,28
■ Sul	52,08	43,90	23,22	57,30	73,09	54,02	51,57	29,31
▣ Sudeste	18,36	22,22	28,38	17,59	27,38	29,47	44,13	46,93
■ Nordeste	23,60	20,54	33,01	10,51	11,11	6,24	4,69	15,81
▣ Norte	0,90	2,65	4,16	1,91	2,46	1,48	1,97	0,67

Fonte: IBGE – Censo Agropecuário.

A razão entre número de estabelecimentos e número destas máquinas é outro indicador que revela esta associação entre a maior produtividade das regiões sul, sudeste e centro-oeste, a concentração regional das mesmas e as estimativas de EPRA. Tais razões foram calculadas e constam do gráfico 5.

Ressaltamos, todavia, que estes comentários devem ser tomados com reserva, uma vez que os últimos dados disponíveis são antigos (obtidos há uma década atrás) e, sobretudo, porque ao confrontarmos estas razões com os dados mais recentes relativos ao número de grandes projetos por região, verificamos o expressivo aumento do número de projetos nas regiões norte e nordeste, muitos dos quais na referida região do MATOPIBA. Consideramos, que tal fenômeno só poderá ser descrito plenamente com a divulgação dos dados do próximo Censo Agropecuário (o que só ocorrerá depois de 2017, como já comentamos). Ainda assim, pela simples confrontação dos dados, podemos esperar uma elevação significativa para as

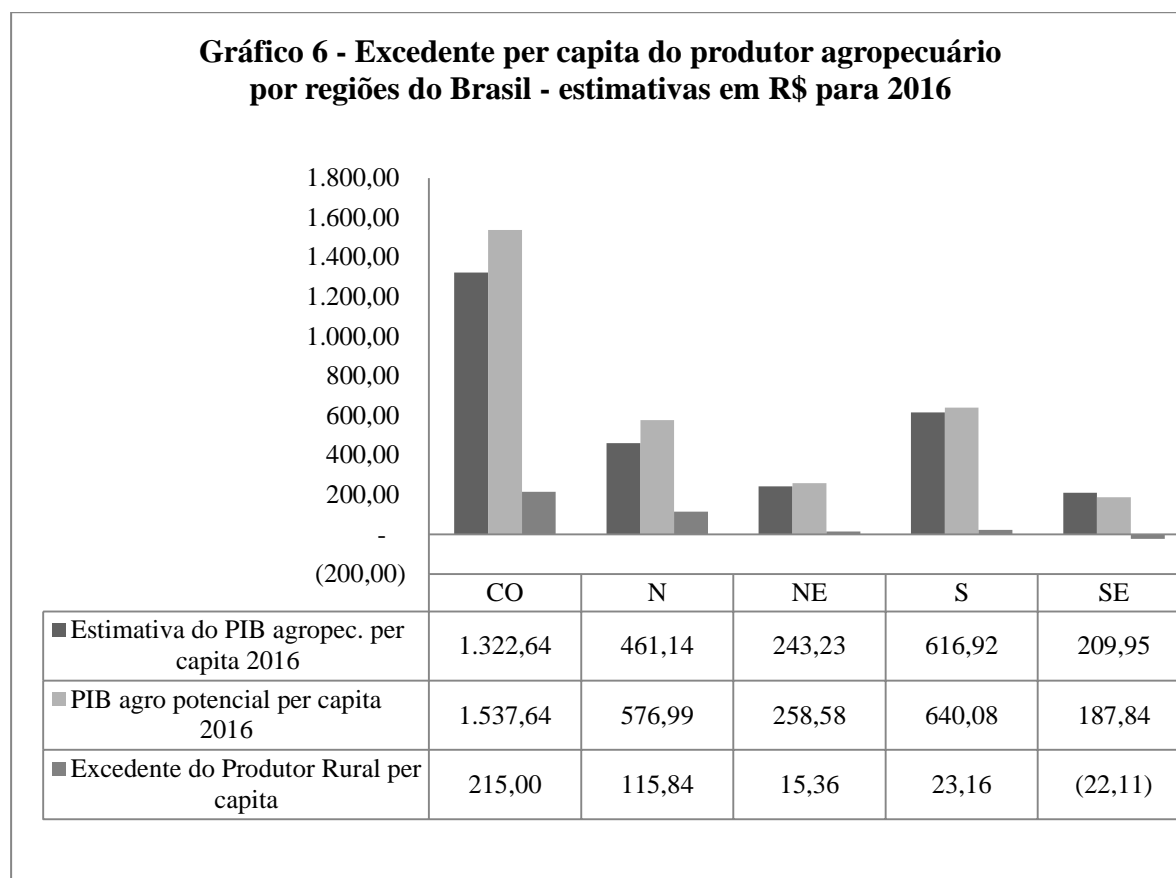
regiões norte e nordeste, tanto das razões calculadas no gráfico 5, quanto uma redução importante da concentração registrada no gráfico 4.



4.2. Cálculos dos EPRA e dos PIBs agropecuários per capita

Passamos agora a refinar um pouco mais os dados e encontrar as estimativas per capita. Para isto, utilizaremos as populações total e rural das regiões consideradas como denominadores das estimativas calculadas e exibidas nos gráficos anteriores.

Vale ressaltar os elevados EPRA per capita do produtor agropecuário das regiões centro-oeste e sul e a redução do EPRA per capita estimada para o produtor da região sudeste (gráfico 6).

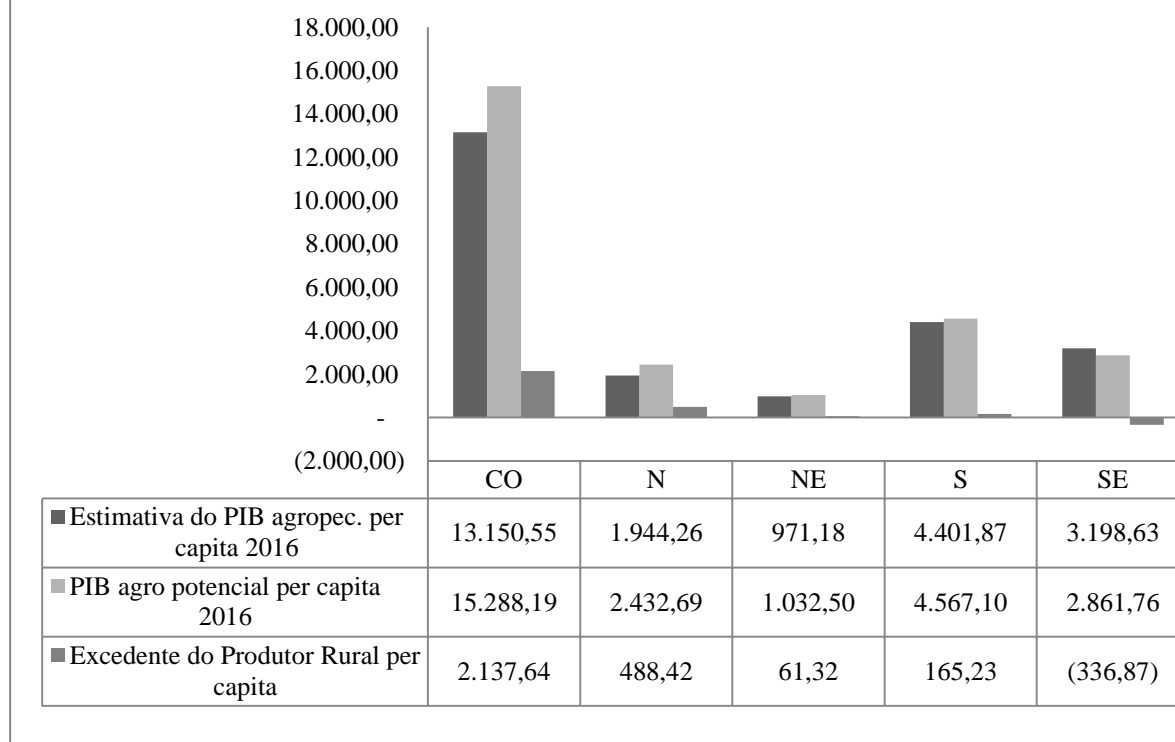


Fonte: Estimativas do modelo a partir de dados do IBGE.

Tal como mencionamos, se o EPRA per capita for negativo - tanto em relação à população total quanto à população rural - isto é um sinal de que existe um potencial de queda na produção agropecuária no período considerado. (gráficos 6 e 7).

Deixaremos para pesquisas futuras, quando desagregarmos estes indicadores por municípios, a hipótese de que os elevados EPRA per capita da população rural estimados para as regiões sul e centro-oeste sejam um indicador que possui alta correlação com a renda gerada nos municípios com elevada produtividade agrícola destas duas regiões.

Gráfico 7 - Excedente per capita (população rural) do produtor agropecuário por regiões do Brasil - estimativas em R\$ para 2016



Fonte: Estimativas do modelo a partir de dados do IBGE.

Finalmente, a tabela 3 resume as estimativas per capita dos PIBs agropecuários potenciais, estimados e dos EPRAs para as regiões do Brasil no ano de 2016.

Tabela 3 – Síntese das estimativas de PIBs agropecuários previstos e potenciais e dos EPRAs para as regiões do Brasil no ano de 2016

ESTIMATIVAS/REGIÕES	CO	N	NE	S	SE	BRASIL
População estimada para 2016	15.625.303	17.669.432	56.868.738	29.399.517	86.290.668	205.870.465
População de 2010	14.058.094	15.864.454	53.073.882	27.386.891	80.364.410	190.747.731
PIB agro 2009/Pop. 2010	1.034,74	447,73	259,74	717,32	256,18	396,69
PIB agropec per capita 2016	1.325,66	462,14	243,43	617,77	210,11	383,81
PIB agro potencial per capita 2016	1.541,15	578,24	258,80	640,96	187,98	408,41
Epra - Potencial de queda (-) ou de crescimento (+)	16,26%	25,12%	6,31%	3,75%	-10,53%	6,41%
Epra per capita no ano de 2016	215,49	116,10	15,37	23,19	-22,13	24,60

Fonte: Estimativas dos autores a partir dos dados do IBGE e do Ministério do Desenv. Agrário (MDA).

Observa-se que os maiores EPRA's per capita encontram-se nas regiões centro-oeste e norte. Percebe-se também que os maiores valores de PIBs agropecuários per capita encontram-se nas regiões sul e centro-oeste, com a região sudeste (muito populosa) mostrando, neste aspecto, uma situação próxima da região nordeste. Em termos da população rural, o mais alto valor *per capita* ocorre na região centro-oeste, com sua condição favorável de incorporação tecnológica, economias de escala e baixa densidade populacional (rural e total). A região nordeste mostra um perfil de agronegócio mais dinâmico do que a região norte, por quaisquer indicadores que sejam examinados, ainda que fique atrás das três regiões citadas.

Os EPRA's são mais elevados nas regiões sul e centro-oeste. Uma hipótese para pesquisas futuras seja relacionar isto com o fato destas regiões serem grandes produtoras e exportadoras de grãos e carnes, produtos primários de alta rentabilidade, sinergia e facilidade de substituição na produção. Assim, mesmo em situações de instabilidade cambial, os produtores desta região possuem flexibilidade suficiente para buscarem alternativas de minimizarem suas perdas. As regiões sudeste e nordeste, nesse sentido, possuem algumas desvantagens comparativas e competitivas que as fazem ficar em ligeira desvantagem em relação às outras duas, a despeito da excepcional condição tecnológica dos produtores da região sudeste e das oferta de terras produtivas não ocupadas na região do MATOPIBA.

5. Considerações finais

O objetivo deste artigo reside na apresentação das estimativas dos PIBs potencial e real para o ano de 2016 e na proposição e estimação do conceito de *excedente marshalliano agregado do produtor agropecuário* (cuja abreviatura é EPRA – excedente do produtor agropecuário). Estas estimativas são obtidas por meio de modelo estocástico de simulação computacional baseado em agentes heterogêneos.

Um excedente marshalliano é uma medida de bem-estar que se refere a duas quantidades de bens ou serviços normais vinculadas por uma relação de consumo (no caso do excedente do consumidor) ou de produção e venda (no caso do excedente do produtor). Nossas estimativas do EPRA agregado regional e per capita regional, por analogia são indicadores de produtor agropecuário pode esperar de ganho para o ano de 2016.

Isto posto, as estimativas produzidas mostraram níveis satisfatórios de EPRA obtidos pelos estados da região norte e nordeste, regiões há alguns anos consideradas de baixa produtividade e pequena razão entre bens de capital/hectare. Contudo, após investimentos maciços mostrado pelo aumento expressivo de grandes projetos nas duas regiões, este quadro está mudando rapidamente. A nova fronteira agrícola do MATOPIBA (região do cerrado que envolve parte dos estados do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia) possui uma área agricultável de cerca de 20 milhões de hectares, descontando as reservas ecológicas, estando 8 milhões de hectares já envolvidos na produção de grãos e fibras. Em 2015, este território agrícola, respondeu em 2015 por 9,7% de toda a produção de grãos do País e é o 4º maior produtor de grãos do Brasil. Conforme o GITE (Grupo de Inteligência Territorial Estratégica da Embrapa), a expansão desta produção foi obtida também pelo uso de tecnologias de alta produtividade¹⁴.

Observa-se que os maiores EPRA's per capita encontram-se nas regiões centro-oeste e norte. Percebe-se também que os maiores valores de PIBs agropecuários per capita encontram-se nas regiões sul e centro-oeste, com a região sudeste (muito populosa) mostrando, neste aspecto, uma situação próxima da região nordeste. Em termos da população rural, o mais alto valor *per capita* ocorre na região centro-oeste, com sua condição favorável

¹⁴ <https://www.embrapa.br/gite/projetos/matopiba/matopiba.html>.

de incorporação tecnológica, economias de escala e baixa densidade populacional (rural e total). A região nordeste mostra um perfil de agronegócio mais dinâmico do que a região norte, por quaisquer indicadores que sejam examinados, ainda que fique atrás das três regiões citadas.

No entanto, o fato de termos uma região com franco crescimento como o MATOPIBA nas regiões nordeste e no Tocantins (região norte) e a região centro-oeste com o mais elevado EPRA regional agregado do país, não significa que os produtores da região sul estejam com baixo potencial de ganhos em 2016. A região sul ainda possui o segundo maior EPRA per capita rural do país, atrás apenas da menos populosa região centro-oeste. Também possui o segundo maior PIB agropecuário potencial em 2016.

Finalmente, a única região que apresentou EPRA regional negativo foi a região sudeste. Em pesquisas futuras, sugerimos algumas hipóteses para tal desempenho: (i) a queda dos preços de algumas commodities que esta região exporta (açúcar, álcool, café, suco de laranja, grãos e óleos vegetais etc.); (ii) a espera pela maturação de investimentos feitos em períodos anteriores; (iii) aos períodos de seca nos estados de São Paulo e Rio de Janeiro; (v) a redução significativa do número de projetos agropecuários, ainda que a área plantada tenha aumentado nos últimos anos.

Finalmente, cumpre salientar que a economia agrícola brasileira, como um todo, ainda apresenta um grande potencial de crescimento e que a pequena retração nos anos recentes está associada a fatores como a retração do mercado interno¹⁵ e às quedas nos preços de commodities como grãos, carnes, café, suco de laranja, óleos vegetais e biocombustíveis. Tais quedas refletem, por um lado, a redução do crescimento do PIB dos principais parceiros comerciais do Brasil, como Argentina, China, Estados Unidos e União Europeia. Por outro lado, esta piora das contas externas está também associada à apreciação real do câmbio registrada no período 2011-2013. Tal apreciação é decorrência do descompasso existente entre as taxas de inflação internas e externas. Enquanto os parceiros comerciais do Brasil, à exceção da Argentina, experimentam taxas baixas de inflação, o país se defrontou, no período mencionado, com elevadas taxas de inflação no setor de bens não-comercializáveis (serviços). Assim, embora nossa taxa de câmbio nominal tenha caído em 2013 e 2014, a taxa de câmbio real ainda se manteve apreciada, em razão do fato de nossa inflação se encontrar muito mais alta do que a dos nossos principais parceiros comerciais. Este fator vem prejudicando o Brasil que, no cenário latino-americano, é um dos países que apresenta menor taxa de crescimento do PIB real. Outro fator importante que limita nossas exportações de produtos agropecuários, reduzindo a escala de nossos produtores rurais, é a condição precária de nossa infra-estrutura e logística, o que reduz a competitividade de nossos produtos.

5. Referências

ALVIM, C. F. e DIMANDE, C. D. Indicadores de produtividade de capital na agropecuária brasileira. *Economia e Energia*, v. 77, abr/jun. de 2010. Disponível em: http://ecen.com/eee77/eee77p/indicadores_produtividade_capital_agropecuaria.htm. Acesso em 23/03/2016.

ARAÚJO, T. V. *Introdução à economia computacional*. Lisboa: Almedina, 2011.

BESANKO, D. e BRAEUTIGAM, R. *Microeconomics: an integrated approach*. 1st ed. John Wiley & Sons, Inc., 2002.

¹⁵ Relacionados às baixas taxas de crescimento da renda per capita, ao aumento do desemprego e também às elevadas taxas inflacionárias registradas no período após o ano de 2010 até a conclusão da redação deste artigo.

BALSADI, O. V. *O Mercado de Trabalho assalariado na agricultura brasileira no período 1992 – 2004 e suas diferenciações regionais*. Tese de Doutorado apresentada ao Instituto de Economia da Universidade de Campinas. Campinas: Unicamp, 2007.

FRANK, R. H. *Microeconomics and behavior*. 3rd ed. New York: The McGraw-Hill Company, 1997.

JUDD, K. L. “Computationally intensive analyses in Economics”. In: TESTFATSION, L. & JUDD, K. L. *Handbook of computational economics* (vol. 2). Amsterdam: Elsevier, 2006.

LEBARON, B. Agent-based computational finance: Suggested readings and early research. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 24, 679–702, 2000.

MARSHALL, A. *Princípios de economia – tratado introdutório*. São Paulo: Nova Cultural, 1996. Tradução de Rômulo Almeida e Ottolmy Strauch. Coleção os Economistas. Original de 1890.

MENNER, W. A. *Introduction to modeling and simulation*. Johns Hopkins, APL Technical Digest, v. 16, n. 1, p. 6-17, 1995.

SOUZA LIMA, et. al. *Impactos da Modernização na Indústria de Tratores de Rodas no Brasil*. SOBER 47^o Congresso. Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural. Porto Alegre: Sober, 2009. Disponível em <http://www.sober.org.br/palestra/13/32.pdf>

SHANNON, R. E. *System simulation: the art and science*. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall, 1975.

TESTFATSION, L. “Agent-based computational economics: a constructive approach to economic theory”. In: TESTFATSION, L. e JUDD, K. L. *Handbook of computational economics*. Vol. 2. Amsterdam: Elsevier, 2006.

WERKER, C. e BRENNER, T. *Empirical calibration of simulation models*. Eindhoven Institute of Technology: Netherlands, 2004. Available at: <https://papers.econ.mpg.de/evo/discussionpapers/2004-10.pdf>