

Título do capítulo	CAPÍTULO 10 – EVOLUÇÃO, COMPOSIÇÃO E DISTRIBUIÇÃO REGIONAL DO ESTOQUE DE TRATORES E MÁQUINAS AGRÍCOLAS NO BRASIL
Autores(as)	Rodrigo Peixoto da Silva Luis Gustavo Baricelo Carlos Eduardo de Freitas Vian
DOI	http://dx.doi.org/10.38116/978-65-5635-011-0/cap10

Título do livro	UMA JORNADA PELOS CONTRASTES DO BRASIL: CEM ANOS DO CENSO AGROPECUÁRIO
Organizadores(as)	José Eustáquio Ribeiro Vieira Filho José Garcia Gasques
Volume	-
Série	-
Cidade	Brasília
Editora	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea)
Ano	2020
Edição	-
ISBN	978-65-5635-011-0
DOI	http://dx.doi.org/10.38116/978-65-5635-011-0

© Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – ipea 2020

As publicações do Ipea estão disponíveis para *download* gratuito nos formatos PDF (todas) e EPUB (livros e periódicos). Acesse: <http://www.ipea.gov.br/portal/publicacoes>

As opiniões emitidas nesta publicação são de exclusiva e inteira responsabilidade dos autores, não exprimindo, necessariamente, o ponto de vista do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada ou do Ministério da Economia.

É permitida a reprodução deste texto e dos dados nele contidos, desde que citada a fonte. Reproduções para fins comerciais são proibidas.

EVOLUÇÃO, COMPOSIÇÃO E DISTRIBUIÇÃO REGIONAL DO ESTOQUE DE TRATORES E MÁQUINAS AGRÍCOLAS NO BRASIL¹

Rodrigo Peixoto da Silva²
Luis Gustavo Baricelo³
Carlos Eduardo de Freitas Vian⁴

1 INTRODUÇÃO

A literatura sobre economia agrícola e modernização da agricultura se originou em países de clima temperado e com características específicas de produção. Entre os autores que tratam do processo de modernização, destacam-se Ranis e Fei (1961), Jorgenson (1961; 1975) e Hayami e Ruttan (1988). Nessas regiões, a modernização da produção de grãos demandou um determinado pacote tecnológico. Esse pacote incluía, além de variedades adaptadas e cultivares mais produtivos, máquinas e implementos, que visavam à mecanização do plantio, da colheita e de outras etapas da produção agrícola, substituindo as forças de trabalho humana e animal por força mecânica (Silva, 2015).

A modernização da agricultura de regiões como os Estados Unidos e a Europa não só modificou o paradigma tecnológico adotado, mas também incentivou o desenvolvimento da indústria de máquinas agrícolas para dar suporte a tais atividades (Silva e Vian, 2017; Mowery e Rosenberg, 2005).

No caso brasileiro, a agricultura se caracterizou, durante muito tempo, pela maior relevância das culturas perenes, como a cana-de-açúcar, o cacau, a laranja, o café e a pecuária. No início do século XX, as tecnologias mais avançadas utilizadas no país se destinavam à produção de café, laranja e algodão (Silva e Botelho, 2014; Kageyama, 1990), mas eram de cunho biológico e usadas no combate a pragas e doenças. Grãos como a soja e o milho ganharam relevância a partir das décadas de 1960 e 1970, por meio da criação de variedades adaptadas ao clima e às demais condições produtivas de algumas regiões brasileiras (Bacha, 2012; Silva, 2019). Este período coincidiu com o aumento da oferta por parte das indústrias de máquinas e implementos, comprovado pelo recorde de vendas de máquinas agrícolas em 1976, com 62,7 mil unidades comercializadas (Baricelo, 2014).

Com a diversificação da pauta produtiva e em meio a um processo de modernização da agropecuária, que teve auge na década de 1970, o Brasil adotou o pacote tecnológico dos Estados Unidos e da Europa, sobretudo no que diz respeito às máquinas e aos equipamentos agrícolas (Silva, 2015; Vian *et al.*, 2013; Vieira Filho e Fishlow, 2017; Alves, 2010).

O aumento da produção de grãos e a disponibilidade de máquinas e equipamentos importados, bem como a instalação de subsidiárias estrangeiras fabricantes de tratores e outras máquinas no Brasil, contribuíram para o processo de modernização da agricultura brasileira, que se deu de forma heterogênea, no qual alguns produtos (soja, milho, cana-de-açúcar, trigo, arroz irrigado e algodão) e regiões (Sul, Sudeste e partes do Centro-Oeste) se destacaram, enquanto outros mantiveram técnicas tradicionais e menos eficientes de produção (Silva, 2019; Bacha, 2012).

A partir de 2006, houve um aumento da produção de máquinas autopropelidas no Brasil, como colhedoras de cana, colheitadeiras de grãos, pulverizadores e plantadeiras (Anfavea, 2019), máquinas que, em alguns casos, eram tracionadas por tratores agrícolas. No entanto, os tratores mantiveram o protagonismo de vendas desde a década de 1970 (Anfavea, 2019), devido à capacidade de realizar diversas tarefas no campo quando combinados com outros implementos agrícolas.

1. Os autores agradecem a Rodolfo Hoffmann, José Eustáquio Ribeiro Vieira Filho e Marcelo Dias Ferreira pelos comentários, pelas críticas e sugestões ao texto preliminar.

2. Pesquisador associado ao Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (Cepea) e ao Grupo de Extensão e Pesquisa em História e Evolução da Agricultura e dos Complexos Agroindustriais (GEPHAC), ambos da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz da Universidade de São Paulo (Esalq/USP). *E-mail*: <rodrigo.peixoto@hotmail.com>.

3. Professor da Instituição Toledo de Ensino (ITE-Bauru) e pesquisador associado ao GEPHAC/Esalq/USP. *E-mail*: <lqbaricelo@hotmail.com> ou <luisbaricelo@ite.edu.br>.

4. Professor doutor II do Departamento de Economia, Administração e Sociologia da Esalq/USP e coordenador do GEPHAC/Esalq/USP. *E-mail*: <cefvian@usp.br>.

Ainda que diversos tipos de máquinas tenham ganhado espaço no meio rural, são escassas as estatísticas específicas da produção, da comercialização e, sobretudo, do estoque de determinadas máquinas e equipamentos, como colhedoras de cana-de-açúcar, café, laranja e pulverizadores autopropelidos (IBGE, 2017). Além disso, as estatísticas obtidas pelos Censos Agropecuários se limitam às quantidades de tratores e de algumas categorias agregadas de outras máquinas empregadas na agricultura, mantendo lacunas com relação ao preço dos equipamentos, mercado de usados, valor dos aluguéis e mesmo de informações mais detalhadas sobre a potência dos tratores.⁵ A necessidade desses dados deve receber maior atenção nos próximos anos para possibilitar um entendimento profundo sobre o grau de modernização e de mecanização da agricultura brasileira.

A despeito disso, um fato que chamou a atenção foi o aumento do número de tratores agrícolas nos estabelecimentos agropecuários brasileiros entre 2006 e 2017. De acordo com os respectivos Censos Agropecuários, houve um incremento de aproximadamente 50% na frota brasileira de tratores agrícolas nesse período. Aumentos expressivos ocorreram também com relação às outras máquinas e aos implementos agrícolas, ainda que as respectivas frotas fossem muito menores quando comparadas às de tratores.

Nesse contexto, o objetivo central deste trabalho foi estimar o estoque anual de tratores agrícolas no Brasil e realizar sua decomposição por tempo de uso, atualizando o trabalho de Silva, Baricelo e Vian (2015). Além disso, foi realizada uma análise da evolução da frota de tratores e de outras máquinas agrícolas no Brasil, por meio da construção de indicadores de mecanização, destacando a concentração e a dinâmica regionais desse estoque de máquinas, com o auxílio de mapas que ilustram diversos indicadores de mecanização agrícola.

Para tanto, o capítulo está dividido em três seções além desta introdução. Na seção 2, explica-se a metodologia utilizada para o levantamento da frota de máquinas, bem como as fontes de dados utilizadas e os procedimentos para obtenção dos resultados da frota e dos índices de mecanização. Na seção 3, discute-se a evolução histórica do estoque brasileiro de tratores agrícolas, realizando-se uma análise da distribuição e da dinâmica regionais da frota brasileira de tratores e de outras máquinas agrícolas. A seção 4 é dedicada aos comentários finais e às conclusões.

2 MÉTODOS

Com o objetivo de expandir, atualizar e aprofundar a discussão sobre a evolução e a dinâmica da frota brasileira de tratores e de outras máquinas agrícolas, utilizou-se a metodologia adotada por Silva, Baricelo e Vian (2015) para estimar a frota brasileira de tratores, ano a ano, no período de 1960 a 2019, realizando a decomposição etária (em anos de uso) dessa frota. Este método, por sua vez, é derivado do trabalho de Barros, Camargo e Carmo (1979).

Para se chegar aos resultados, foi necessário escolher um instante no qual fosse possível pressupor que toda a frota era composta por tratores novos. Esse instante foi definido como o ano de 1960, pois, entre 1950 e 1960, o número de tratores passou de 8.372 para 61.345, o que permite inferir que a maior parte da frota, em 1960, era composta por tratores novos. Mesmo que uma parte dessa frota tivesse mais de dez anos de uso em 1960, isso não causaria efeitos na composição da frota ao longo dos demais anos, pois se tratava de um número relativamente pequeno de tratores, que tenderia a sair do estoque por meio do sucateamento.

A partir de então, foram acumuladas as vendas no mercado interno (nacionais e importados), ano a ano. Por fim, as taxas de sucateamento/renovação⁶ da frota foram estabelecidas de forma a igualar as estimativas de frota com os dados oficiais dos Censos Agropecuários. Os procedimentos são explicados brevemente a seguir.

De acordo com Barros, Camargo e Carmo (1979), o estoque de tratores no período t é dado pela equação (1):

$$S_t = S_{t-1} \cdot (1 - d) + M_t + V_t, \quad (1)$$

em que S_t é o estoque no fim do período t ; d é a taxa de sucateamento⁷ aplicada sobre o estoque existente em $t-1$; M_t é a quantidade de tratores importada no ano t ; e V_t é a venda doméstica de tratores nacionais em quantidade. Isolando-se a taxa de sucateamento, chega-se à equação (2):

5. Os Censos Agropecuários listam as máquinas por grandes faixas de potência, mas estas não permitem uma análise mais detalhada, como a que é divulgada pela Anfavea.

6. Para mais detalhes sobre as definições de depreciação, sucateamento e renovação, ver Silva, Baricelo e Vian (2015).

7. Os autores a denominam taxa de depreciação.

$$d = 1 + \frac{M_t + V_t - S_t}{S_{t-1}} \quad (2)$$

Para a estimação do estoque de tratores, parte-se da premissa de que esta taxa seja constante ao longo do período entre os Censos Agropecuários. A série anual pode ser obtida desenvolvendo-se a equação (1), e é expressa pela equação (3):

$$S_T = S_0(1 - d)^T + \sum_t^T (M_t + V_t)(1 - d)^{T-t}; \quad t = 1, \dots, T \quad (3)$$

em que S_T é o estoque de tratores em um período T qualquer; e S_0 é o estoque inicial.

O procedimento consiste na resolução de equações de grau $T - t$, identificando-se as taxas de sucateamento do estoque de tratores que igualem o estoque estimado ao estoque efetivo. A solução foi encontrada com o auxílio de técnica de programação não linear denominada Método do Gradiente Reduzido, desenvolvida por Rosen (1960), que visa aumentar a velocidade do procedimento iterativo para identificação das soluções das equações.

Obtida a série anual do estoque de tratores, realizou-se a decomposição da série por tempo de uso (decomposição etária), tendo como base o comportamento das vendas anuais. A frota foi, portanto, dividida em tratores com até dez anos de uso; mais de dez e até vinte anos de uso; mais de vinte até 35 anos de uso; e mais de 35 anos de uso. Apenas para o cálculo do tempo médio de uso dos tratores, determinou-se arbitrariamente que a vida útil máxima seria de quarenta anos, após os quais esses bens seriam sucateados.

Além da estimativa anual da frota de tratores e da decomposição por tempo de uso, foi realizada uma análise da distribuição regional dessas máquinas por ocasião dos Censos Agropecuários 2006 e 2017. Para isso, foram calculados indicadores de concentração da distribuição de máquinas agrícolas (tratores, máquinas para plantio, adubação e colheita) entre municípios, como a razão de concentração, o índice de Herfindahl-Hirschman (HHI) e o índice de desigualdade de Gini, índices que estão detalhados em Hoffmann (2011).

Tais indicadores ilustram o grau de concentração (absoluta e relativa) de máquinas agrícolas entre os municípios brasileiros. Por fim, esses indicadores foram complementados com mapas dos índices de mecanização agrícola nos municípios brasileiros, estabelecidos, quando possível, pela razão do número de cavalos-vapor (cv) por hectare (ha) de área de lavoura ou pelo número de máquinas por ha de área de lavoura.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Evolução do estoque de máquinas agrícolas

Para compreender a evolução da frota brasileira de máquinas agrícolas, deve-se analisar a relação entre o processo de industrialização por substituição das importações e a modernização da agropecuária brasileira. Trabalhos como os de Baricelo (2014) e Silva, Baricelo e Vian (2015) apontaram que, entre 1920 e 1950, a frota brasileira de máquinas agrícolas era composta principalmente por tratores e algumas centenas de colheitadeiras, adquiridos por meio de importações. Ademais, esses trabalhos destacaram o baixo índice de mecanização no meio rural brasileiro, inferior a um trator para cada mil hectares de área agricultável entre 1920 e 1950, e de, aproximadamente, dois tratores a cada mil hectares em 1960.

Esse baixo índice de mecanização pode ser explicado, em parte, pelo elevado custo desses bens de capital, pela dificuldade de importá-los, pela escassa quantidade de peças para reparos, além da abundância dos fatores terra e trabalho existentes no Brasil àquela época, que incentivavam o uso extensivo das áreas cultiváveis. Outro fator relevante era a preponderância do cultivo de lavouras perenes e anuais, que não suportavam a mecanização de certas atividades, como cana-de-açúcar, café, cacau e algodão. Algumas destas culturas só tiveram total mecanização nos anos 1990.

A intensificação do uso de máquinas agrícolas somente ocorreria a partir da década de 1960, em virtude do processo de modernização da agricultura brasileira, intimamente relacionado à industrialização por substituição das importações (Baricelo, 2014; Silva, 2019).

No governo de Juscelino Kubitschek (1956-1961), intensificou-se o processo de industrialização por substituição de importações. O mérito da política industrial proposta pelo Plano de Metas de Kubitschek foi o de encadear os setores de base (aço, carvão, petróleo etc.) com os setores produtivos de bens duráveis e de capital.

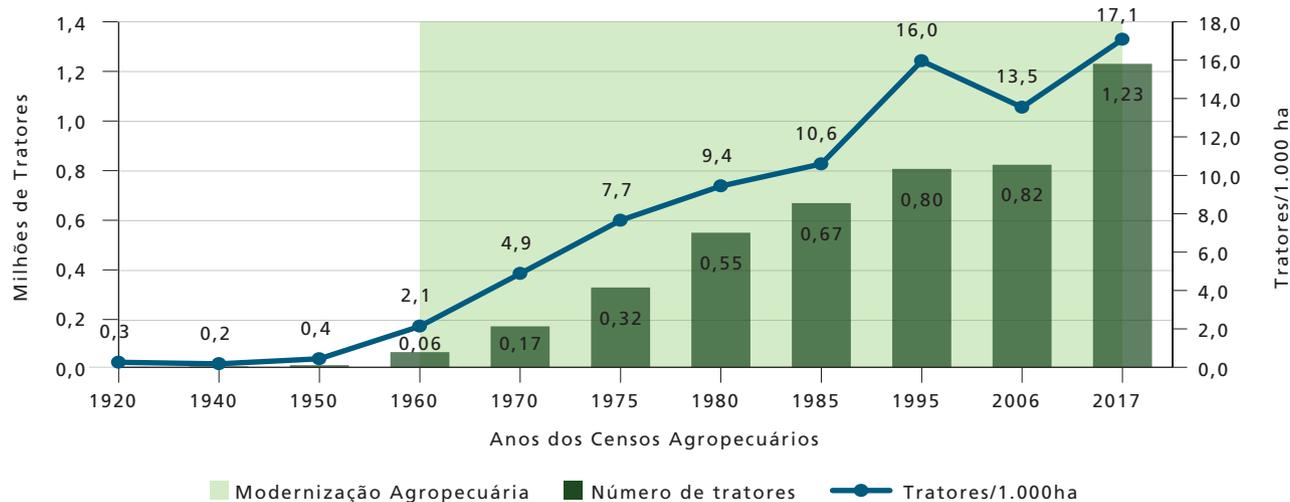
Foi no governo Kubitschek que teve início o Plano Nacional da Indústria de Tratores Agrícolas, responsável por internalizar a produção de tratores, por meio da instalação de subsidiárias das principais montadoras estrangeiras (Baricelo, 2014; Silva, 2015). O projeto de internalização da produção também previa nacionalização gradual, reduzindo a dependência nacional em relação às importações de tratores e suas peças.

O avanço da utilização das máquinas agrícolas no Brasil foi impulsionado a partir da segunda metade da década de 1960, quando da instituição de uma política agrícola que visava dotar o campo de tecnologia. Essa política ofereceu financiamento a taxas de juros subsidiadas aos produtores rurais para aquisição de insumos modernos, entre os quais as máquinas agrícolas (Bacha, 2012).

Baseado no crédito subsidiado e na produção nacional de tratores, além de outras medidas, o meio rural brasileiro vivenciou o chamado processo de modernização conservadora (Kageyama, 1990; Bacha, 2012; Baricelo, 2014; Silva, 2019; Silva, Baricelo e Vian, 2015), com elevadas taxas de crescimento da frota de tratores. Bacha (2012) salienta que os recursos creditícios eram prioritariamente destinados aos produtos agropecuários exportáveis, o que levou à heterogeneidade regional e produtiva do processo de modernização agropecuária no Brasil (Silva e Vian, no prelo; Baricelo e Bacha, 2013).

O gráfico 1 traz interessantes dados sobre o processo de modernização. A partir da década de 1960, com uma base mais sólida, composta por mais de 60 mil tratores, houve um crescimento expressivo da frota. As maiores taxas de crescimento ocorreram entre 1960 e 1970, período que coincide com o auge do processo de modernização da agropecuária brasileira. O Brasil atingiu taxas médias de crescimento da frota de tratores agrícolas da ordem de 14,3% ao ano (a.a.) entre 1970 e 1975; 4,1% de taxa de crescimento entre 1980 e 1985; e 1,9% entre 1985 e 1995. Apesar de uma menor taxa de crescimento da frota a partir de 1980, o índice de mecanização manteve-se crescente desde 1960 até 1995, indicando que a frota se expandiu numa velocidade maior do que a da área de lavoura.

GRÁFICO 1

Frota e número de tratores agrícolas por mil hectares de lavouras em anos dos Censos Agropecuários¹

Fontes: IBGE (2006; 2017).

Elaboração dos autores.

Nota: ¹ Foram consideradas as áreas de lavouras permanentes e temporárias e excluídas as pastagens, matas e florestas, ainda que a pecuária e o extrativismo possam empregar tratores.

Por um lado, Baricelo (2014) apontou uma possível relação entre a queda das vendas de tratores agrícolas durante a década de 1980 e o esgotamento da política de crédito agrícola, impactando numa menor taxa de crescimento da frota. Por outro lado, a necessidade crescente de geração de *superavit* comercial para pagamento da dívida externa colocou ênfase nas políticas setoriais de incentivo a produtos de exportação consolidados, como a cana, o café e o cacau.

Além do mais, a partir da década de 1980, o país já possuía uma considerável frota de tratores, tornando, por si só, mais difícil uma elevada e sustentada taxa de crescimento.

Entre 1995 e 2006, a taxa de crescimento da frota foi menor que no período anterior, ficando em torno de 0,2% a.a. Aliada ao crescimento da área de lavoura temporária, o baixo crescimento da frota levou à queda do número de tratores para cada mil hectares, de 16,0 para um patamar de 13,5. A média de vendas anuais, entre 1990 e 1999, foi de 20.886, contra 36.843 no período entre 1980 e 1989 (Anfavea, 2019), conforme apontavam Baricelo e Bacha (2013) e Baricelo (2014). No início dos anos 2000, houve uma recuperação, mas ainda distante do montante comercializado entre 1975 e 1979, auge de vendas no setor (Baricelo, 2014).

A retomada das vendas de máquinas agrícolas, nos dez anos que sucederam o Censo Agropecuário 2006, acarretou na expansão da frota de tratores, que atingiu, em 2017, um montante de 1,23 milhão de máquinas. Dessa forma, a taxa de crescimento da frota, entre os dois últimos censos, foi de aproximadamente 3,7% a.a., crescimento considerável tendo em vista o elevado estoque de máquinas existentes em 2006.

Não é objetivo apontar as causas de tal crescimento, mas algumas hipóteses são construídas: a criação de linhas de financiamento governamentais para aquisição de máquinas agrícolas para grandes, médios e pequenos produtores (Programa de Modernização da Frota de Tratores Agrícolas e Implementos Associados e Colheitadeiras – Moderfrota; Programa Nacional de Apoio ao Médio Produtor Rural – Pronamp; Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar – Pronaf/Mais Alimentos; e programas estaduais de financiamento); o maior nível de capitalização dos produtores, em virtude do *boom* das *commodities*; e o aumento de financiamento privado na agricultura e da participação de bancos das próprias indústrias de máquinas agrícolas, com condições, prazos e taxas mais favoráveis ao produtor.

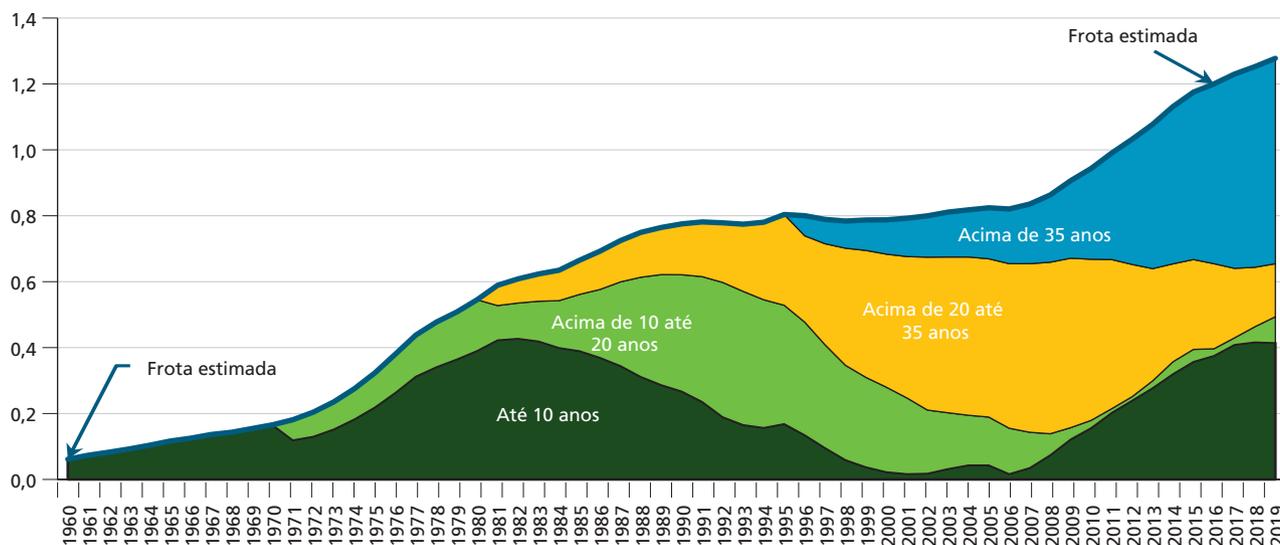
Se, por um lado, a frota brasileira de tratores agrícolas cresceu consideravelmente entre 1960 e 2017, por outro, pode-se afirmar que a frota é composta, em grande medida, por tratores com mais de vinte anos. Silva, Baricelo e Vian (2015) argumentam que parcela expressiva dos produtores rurais no Brasil prolongam a vida útil dos tratores por mais de vinte anos. Os autores apontam que houve um envelhecimento da frota brasileira, sendo que, em 2016, a maior parte era composta por tratores com idade entre vinte e 35 anos de uso, e uma parcela não desprezível de máquinas com mais de 35 anos.

Os resultados encontrados atualizam as estimativas de Silva, Baricelo e Vian (2015) e corroboram a argumentação dos autores, apontando para uma grande parcela de tratores com mais de vinte anos de uso. O gráfico 2 atualiza a estimativa anual da frota de tratores no Brasil até 2019, bem como ilustra a composição etária dessa frota.

GRÁFICO 2

Estimativa anual e composição etária da frota de tratores agrícolas – Brasil (1960-2019)

(Em milhões de unidades)

Fonte: Silva, Baricelo e Vian (2015, com adaptação).¹

Elaboração dos autores.

Nota: ¹ Acrescentando novos resultados.

Pode-se notar que a classe de tratores com até dez anos de uso foi alavancada entre o início da década de 1970 até meados da década de 1980, devido ao pico de vendas que ocorreu em meados dos anos 1970. Esses tratores foram envelhecendo e, em geral, não foram substituídos entre o início dos anos 1990 e meados dos anos 2000, o que resultou em relativa estagnação da frota. A partir de 2006, ocorre um novo e forte ciclo de vendas, que aumentou a participação de tratores novos na frota brasileira. No entanto, a parcela mais antiga permaneceu em uso, e a frota, de maneira geral, apenas acumulou as novas aquisições.

Considerando-se um horizonte máximo de quarenta anos de vida útil para os tratores e as estimativas realizadas, conclui-se que a média de idade da frota de tratores em 2019 era de 25,5 anos. Do total da frota, 32% dos tratores tinham até dez anos de uso, 6% tinham mais de dez e menos de vinte anos de uso, 13% tinham mais de vinte e menos de 35 anos de uso e 49% tinham mais de 35 anos de uso. Tais estimativas apontam para o quão é prolongada a vida útil dos tratores no Brasil, o que traz consequências relevantes, uma vez que a frota aumenta em quantidade, mas a qualidade não evolui na mesma proporção.

Um aspecto não analisado por Silva, Baricelo e Vian (2015) – nem por outros autores anteriormente citados – foi a evolução da frota em termos da potência dos tratores e os índices de mecanização, considerando outros tipos de máquinas, além dos tratores agrícolas. Argumentou-se que, entre 1980 e 2000, a frota envelheceu, bem como a taxa de crescimento, entre 1995 e 2006, foi bastante inferior àquela observada em décadas progressas. Entretanto, cogita-se a hipótese de que os tratores mais modernos também são mais potentes do que seus predecessores, e que, portanto, uma taxa de crescimento menor da frota seria compensada por um aumento da potência. Além disso, outros tipos de máquinas vêm sendo incorporadas ao processo produtivo, aumentando a mecanização no campo. A tabela 1 ilustra os índices de mecanização, considerando essas máquinas quando possível.

TABELA 1
Índices de mecanização – diversas medidas (1970-2017)

Ano	Tratores/10 ³ ha	Potência média (em cv)	cv/ha	Máquinas para plantio/10 ³ ha	Máquinas para adubação/10 ³ ha	Máquinas para colheita/10 ³ ha
1970	4,88	77,30	0,38	-	-	-
1975	7,66	80,36	0,62	-	-	-
1980	9,44	81,29	0,77	-	-	-
1985	10,59	83,49	0,88	-	-	-
1995	15,96	85,90	1,37	-	-	-
2006	13,54	105,59	1,43	5,25	2,44	1,92
2017	17,08	100,13	1,71	4,97	3,52	2,39

Fontes: IBGE (2006; 2017).
Elaboração dos autores.

O índice de mecanização que considera o número de tratores para cada mil hectares de lavoura teve comportamento crescente de 1970 a 1995, partindo de 4,88 tratores para cada mil hectares, em 1970, e atingindo 15,96 tratores por mil hectares, em 1995, o que demonstra um aumento expressivo do nível de mecanização no campo. Entre 1995 e 2006, esse índice apresentou uma queda da ordem de 15%. No entanto, foi também nesse período que houve o maior crescimento da potência média dos tratores (23%), demonstrando que o grau de mecanização continuou a crescer. Esse crescimento sustentado se mostra presente quando o grau de mecanização é medido em cv/ha. Mesmo com grande variação de um censo para outro, as taxas de crescimento do número de cavalos-vapor por hectare de lavoura foram sempre positivas.

As medidas de mecanização que envolvem outros tipos de máquinas ficam prejudicadas pela baixa disponibilidade de dados, aspecto que deve ser mais bem trabalhado nos próximos censos, para uma análise mais fidedigna da realidade de mecanização no meio rural brasileiro. Ainda assim, com exceção da medida de mecanização que considera o número de máquinas para plantio por hectare de lavoura, que apresentou uma pequena queda (-5%) entre 2006 e 2017, os índices de mecanização na adubação e na colheita apresentaram crescimento de 44% e 25%, respectivamente, entre 2006 e 2017. Logo, essas máquinas têm ganhado importância na evolução tecnológica das atividades agropecuárias brasileiras.

Outra questão não tratada pela literatura é a distribuição regional da frota de tratores agrícolas. Os estudos anteriormente citados demonstram que o país possui uma grande frota em termos de número de tratores, mas como eles se distribuem ao longo do território nacional? E em termos de potência, como ocorreu essa distribuição? As próximas seções tentam responder a estas indagações comparando dados dos Censos Agropecuários 2006 e 2017.

3.2 Evolução da distribuição regional

Embora os estoques de máquinas tenham aumentado expressivamente entre 2006 e 2017, não houve mudanças significativas em termos de concentração, com exceção dos casos das máquinas para plantio, na região Nordeste, e das máquinas para adubação e colheita, na região Sudeste, que apresentaram aumentos importantes na razão de concentração das cinquenta maiores frotas municipais (CR_{50}) e no HHI. A tabela 2 mostra essas medidas de concentração para o caso dos tratores, das máquinas para plantio, adubação e distribuição de calcário e das máquinas para colheita, bem como as frotas de cada região em 2006 e 2017.

TABELA 2
Índices de concentração das frotas de tratores e máquinas – Brasil e regiões (2006-2017)

Região	Máquina	Frota			CR_{50}^1			HHI		
		2006	2017	Δ (%)	2006	2017	Δ (%)	2006	2017	Δ (%)
Brasil	Trator	820.082	1.227.342	50	0,094	0,092	-2	0,0006	0,0006	-3
	Plantio	316.498	347.983	10	0,118	0,125	6	0,0009	0,0009	0
	Adubo	146.272	241.865	65	0,115	0,115	0	0,0008	0,0009	13
	Colheita	113.857	162.587	43	0,158	0,163	3	0,0012	0,0012	0
Norte	Trator	26.791	58.135	117	0,401	0,394	-2	0,0052	0,0054	3
	Plantio	5.891	10.541	79	0,558	0,523	-6	0,0131	0,0083	-37
	Adubo	2.229	5.475	146	0,542	0,578	7	0,0088	0,0098	11
	Colheita	1.860	3.253	75	0,773	0,746	-4	0,0321	0,0160	-50
Nordeste	Trator	61.997	83.208	34	0,283	0,291	3	0,0030	0,0032	5
	Plantio	32.339	15.197	-53	0,489	0,568	16	0,0073	0,0104	42
	Adubo	4.990	7.254	45	0,588	0,629	7	0,0163	0,0141	-13
	Colheita	8.421	6.064	-28	0,679	0,731	8	0,0148	0,0211	43
Sudeste	Trator	256.811	373.833	46	0,191	0,195	2	0,0017	0,0017	3
	Plantio	55.578	60.904	10	0,233	0,253	9	0,0021	0,0024	14
	Adubo	54.356	82.781	52	0,233	0,268	15	0,0023	0,0028	22
	Colheita	22.619	39.428	74	0,249	0,340	36	0,0024	0,0046	92
Sul	Trator	346.997	516.468	49	0,192	0,190	-1	0,0017	0,0017	-3
	Plantio	182.311	210.429	15	0,190	0,202	6	0,0018	0,0019	6
	Adubo	63.960	111.832	75	0,205	0,195	-5	0,0019	0,0018	-5
	Colheita	61.896	83.250	34	0,243	0,230	-6	0,0024	0,0022	-8
Centro-Oeste	Trator	127.486	195.698	54	0,377	0,353	-6	0,0049	0,0045	-9
	Plantio	40.379	50.912	26	0,467	0,440	-6	0,0067	0,0059	-12
	Adubo	20.737	34.523	66	0,443	0,415	-6	0,0063	0,0056	-11
	Colheita	19.061	30.592	60	0,643	0,598	-7	0,0121	0,0100	-17

Fontes: IBGE (2006; 2017).

Elaboração dos autores.

Nota: ¹ Corresponde à razão de concentração dos municípios com as cinquenta maiores frotas do país ou grande região.

O número de tratores no Brasil apresentou aumento de 50% entre 2006 e 2017, tendo como destaques as regiões Norte e Centro-Oeste. Em 2006, os cinquenta municípios com as maiores frotas de tratores no Brasil representavam 9% do total, parcela que se manteve inalterada em 2017. Esse comportamento constante da razão de concentração da frota de tratores ocorreu em todas as regiões brasileiras, com pequenas variações. Os índices HHI corroboram essa argumentação. No caso das máquinas para plantio, as regiões Norte e Centro-Oeste também apresentaram crescimento expressivo, e a região Nordeste perdeu uma parcela significativa de suas máquinas.

No caso das máquinas para adubação, as regiões com maior crescimento foram a Norte e a Sul, com poucas mudanças em termos de concentração das frotas. Por fim, Norte e Sudeste apresentaram os maiores crescimentos das frotas de colheitadeiras, ainda que naquela a frota fosse expressivamente menor que a das demais regiões. O Nordeste apresentou um caso interessante: redução do estoque de máquinas para colheita e plantio, mas com aumento da concentração, verificada tanto pelo CR_{50} quanto pelo HHI.

A distribuição regional do estoque de máquinas no campo pouco se modificou. As frotas de máquinas cresceram mais que proporcionalmente nas regiões Norte e Centro-Oeste, com destaque para os tratores e as máquinas para adubação e distribuição de calcário, na região Norte, que mais do que dobraram seus números entre 2006 e 2017. A região Nordeste é a única a apresentar redução no número de algumas máquinas (plantio e colheita), além de mostrar os menores incrementos de máquinas com relação às demais regiões brasileiras. No entanto, a base de máquinas na região Norte é expressivamente menor do que nas demais regiões, seguida pela região Nordeste. Logo, esse crescimento expressivo no Norte, em conjunto com a queda de participação do Nordeste nas frotas, não causa impactos tão significativos em termos de redistribuição regional. O mapa 1 ilustra o grau de mecanização agrícola, medido pelo número de CV/ha de área de lavoura (permanente e temporária) em 2006 e 2017. Os dados foram segmentados em vinte classes (19 percentis), que consideram os valores de cv/1.000 ha de 2006 como base, permitindo a análise do crescimento e da distribuição regional da frota.

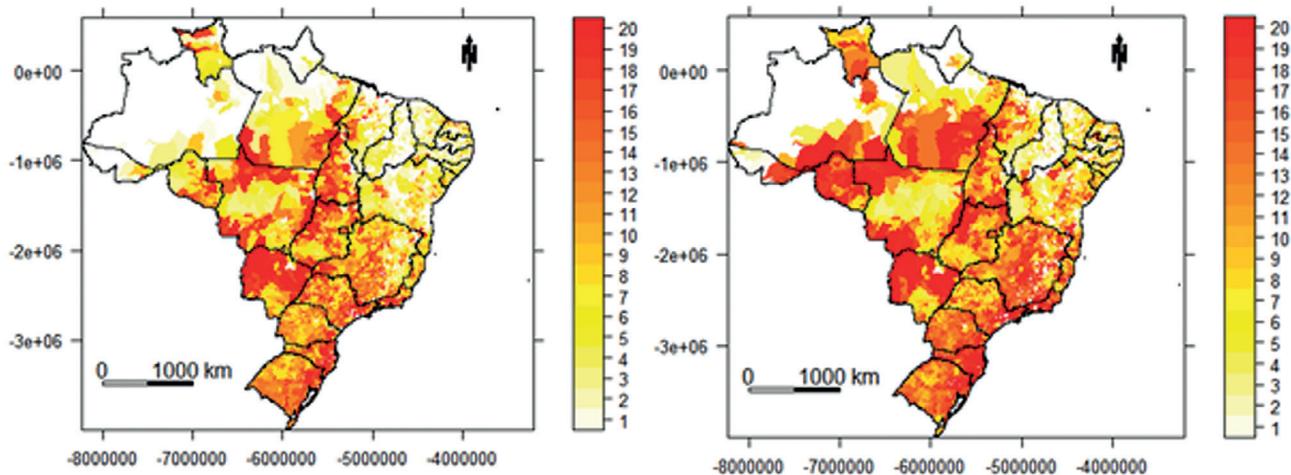
MAPA 1

Índice municipal de tratorização agrícola (2006 e 2017)

(Em cv/1 mil ha)

1A – 2006

1B – 2017



Fontes: IBGE (2006; 2017).

Elaboração dos autores.

Obs.: Mapa cujos leiaute e textos não puderam ser padronizados e revisados em virtude das condições técnicas dos originais (nota do Editorial).

A mecanização avançou na região Norte e se intensificou nos locais onde os índices já eram relativamente elevados, como nos estados de São Paulo, Santa Catarina, Mato Grosso do Sul e em parte do Mato Grosso e de Goiás. Destaca-se o caso de Minas Gerais, que apresentou um aumento significativo no número de municípios com índices de mecanização elevados, fruto do avanço da produção agrícola nas áreas de Cerrado. A região Nordeste parece não estar incluída totalmente nesse processo, exceto no caso da Bahia, do Piauí e do Maranhão, estados que compõem o conhecido Matopiba, região que tem se tornado importante na produção de grãos. No Nordeste, as áreas com maior intensificação da mecanização foram o extremo oeste baiano, o vale do São Francisco, o oeste maranhense e partes da zona da mata.

Além de uma intensificação da mecanização nos municípios das regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste, com destaque para Minas Gerais e Paraná, o uso de tratores se expandiu para a mesorregião norte mato-grossense, onde se situam municípios como Sinop, Alta Floresta, Aripuanã e Colíder. Além da parcela norte do Mato Grosso, a

região Norte ampliou significativamente a adoção de tratores. Destacam-se o estado de Rondônia, a mesorregião sul-amazonense, o vale do Acre, as mesorregiões sudoeste paraense, sudeste paraense, sul de Roraima e todo o estado do Tocantins. O avanço da mecanização nessas regiões ilustra bem o avanço da fronteira agrícola e o arco do desmatamento amazônico.

Na região Nordeste, mesmo na parcela menos afetada pelas adversidades climáticas, como a zona da mata, ou na parcela do Matopiba correspondente ao Nordeste, a mecanização apresentou uma expansão mais sutil, ainda que se trate de uma região bastante populosa e/ou de importância para a agricultura. O semiárido nordestino, por sua vez, não apresentou alterações expressivas em termos de mecanização.

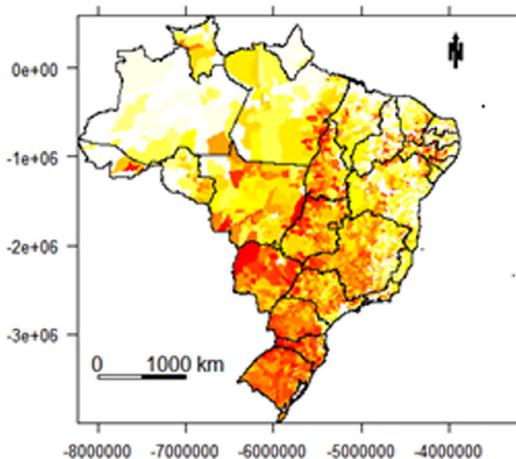
O mapa 2 ilustra os índices de mecanização no plantio, na adubação e na colheita agrícola, medidos pelo número de máquinas por mil hectares de lavoura (permanente e temporária). Novamente, os dados foram segmentados em vinte classes (19 percentis), que consideram os valores de máquinas/1.000 ha de 2006 como base, permitindo a análise do crescimento e da distribuição regional da frota.

MAPA 2

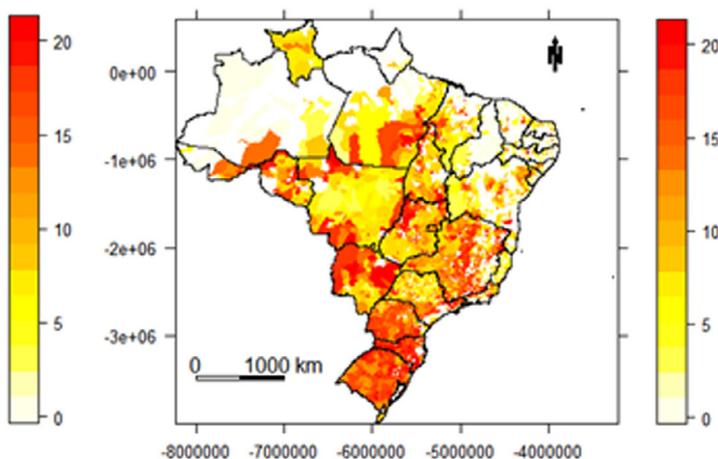
Índices municipais de mecanização no plantio, na adubação e na colheita agrícola (2006 e 2017)

(Em máquinas por mil hectares)

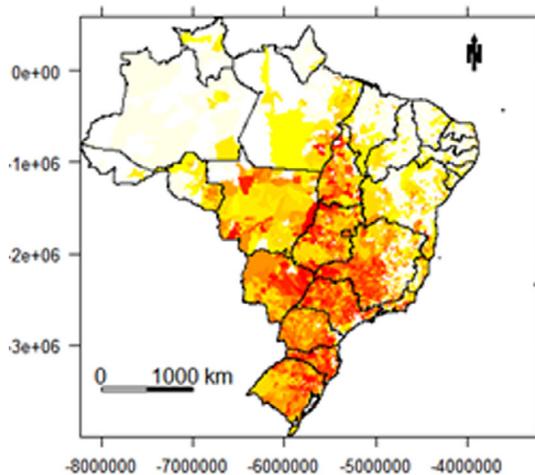
2A – Plantio (2006)



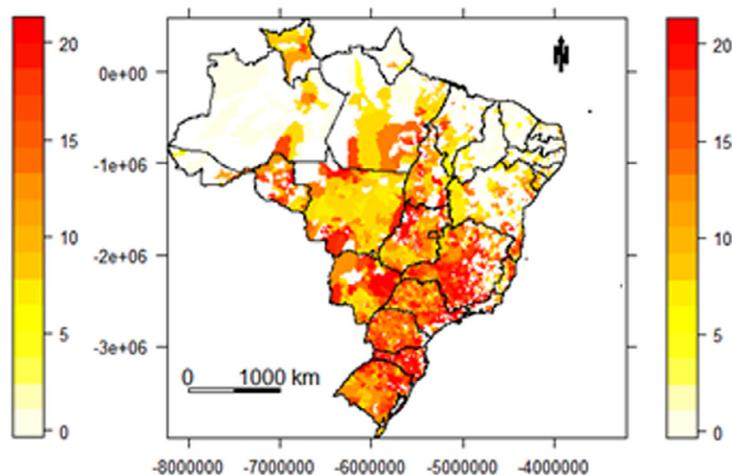
2B – Plantio (2017)

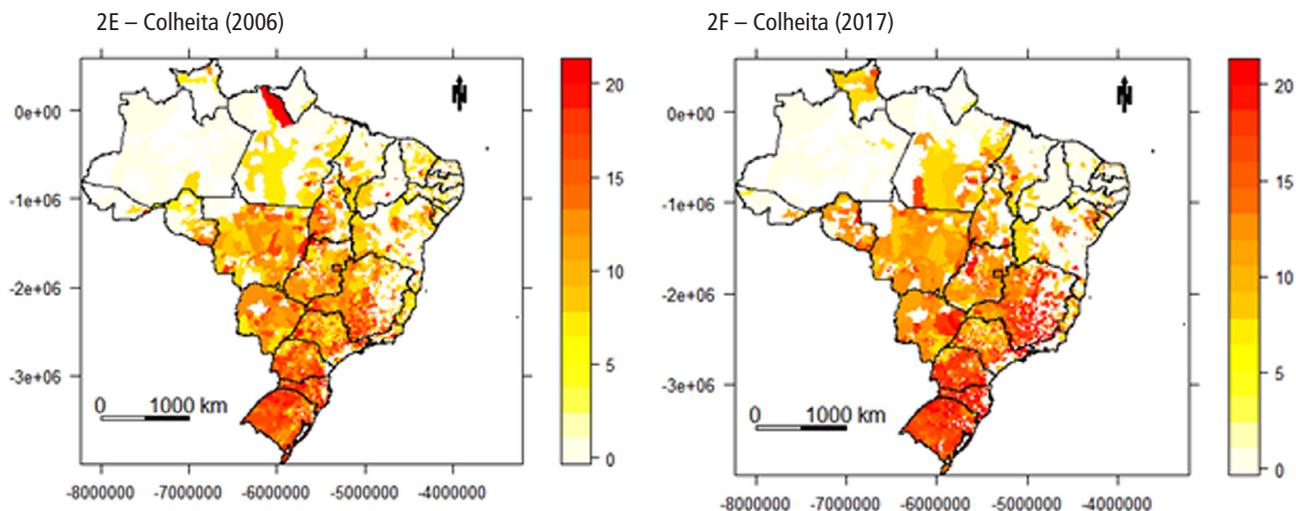


2C – Adubação (2006)



2D – Adubação (2017)





Fontes: IBGE (2006; 2017).

Elaboração dos autores.

Obs.: Mapa cujos leiaute e textos não puderam ser padronizados e revisados em virtude das condições técnicas dos originais (nota do Editorial).

Os índices de mecanização de máquinas para plantio apresentam concentração regional relativamente maior do que no caso dos tratores. Ainda que a expansão para a região Norte também tenha ocorrido, a concentração de máquinas para plantio ainda se dá de forma mais intensa na região Sul e em alguns estados, como Mato Grosso do Sul, Goiás e Minas Gerais.

A mesma dinâmica ocorre no caso das máquinas para adubação e distribuição de calcário. O movimento rumo à fronteira agrícola e ao arco do desmatamento amazônico existe, porém de forma muito menos intensa do que no caso dos tratores. Os destaques ocorrem nos mesmos estados da região Sul, em Minas Gerais, no Mato Grosso do Sul e em Goiás.

Por fim, a mecanização na colheita apresenta o maior nível de concentração regional, com índices elevados nas regiões Sul e Sudeste. O avanço da mecanização na colheita em direção ao Centro-Oeste e Norte é pouco expressivo nesse caso.

4 CONCLUSÕES

A frota brasileira de máquinas agrícolas apresentou expansão entre 1960 e 2017, tanto quando avaliada pelo número de máquinas quanto quando avaliada pela sua potência. Destaca-se o período entre os Censos Agropecuários 2006 e 2017, no qual a frota de tratores aumentou em 50%, crescimento significativo quando se leva em consideração o estoque pré-existente e a potência média por hectare (cv/ha), que saltou de 1,43 para 1,71. A mecanização, mensurada em tratores por hectare, cresceu significativamente entre 1970 e 2017, de 4,88 tratores por mil hectares, na primeira data, para 17,08 tratores por mil hectares, no segundo período, demonstrando um vigoroso processo de mecanização do campo brasileiro. Merece atenção, também, o crescimento das frotas de máquinas para plantio e adubação, ainda que sobre uma base inicial menor, com crescimentos de 43% e 65%, respectivamente, entre 2006 e 2017.

Apesar do crescimento da frota e da utilização de máquinas cada vez mais potentes, o perfil regional da mecanização pouco se alterou entre os dois últimos Censos Agropecuários. As regiões que, em 2006, possuíam uma elevada frota de máquinas intensificaram seus processos de mecanização entre 2006 e 2017. Por sua vez, poucas foram as regiões com baixos níveis de mecanização em 2006 que apresentaram incrementos expressivos da frota de máquinas agrícolas e intensificaram seus processos de mecanização entre 2006 e 2017. Entre as últimas, merecem destaque aquelas consideradas de fronteira agrícola, como as do Matopiba e algumas localidades da região Norte do Brasil, como o arco amazônico. As áreas da região Nordeste que não se integraram à nova fronteira agrícola apresentaram queda significativa da frota de máquinas, além de aumento da concentração mensurada pelo índice CR_{50} .

Estados que possuíam grande frota de tratores e colheitadeiras, como Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Goiás, conseguiram, além de aumentar a quantidade de suas máquinas, elevar a potência dos tratores utilizados nessas regiões. No Sudeste, destacou-se o caso de Minas Gerais, que apresentou uma evolução significativa em termos de tratores por hectare, plantadeiras, máquinas para adubação e plantio. A hipótese mais provável é que o avanço da mecanização mineira seja fruto de melhorias no processo produtivo e da introdução de novos cultivares, principalmente na região do Cerrado mineiro.

A despeito de uma grande evolução na frota e na potência de máquinas, o meio rural brasileiro ainda precisa renovar seus bens de capital. A média de idade da frota de tratores manteve-se em torno dos 25,5 anos, bastante similar ao apontado para 2016 por Silva, Baricelo e Vian (2015), indicando que o produtor rural brasileiro prolonga a utilização de suas máquinas por longos períodos, incorrendo em todos os problemas de obsolescência, custos de manutenção e baixa produtividade que isso acarreta.

Por indisponibilidade de dados, importantes questões fugiram do escopo deste capítulo, tais como: a relação existente entre o tipo de cultura das regiões e a expansão da frota; os fatores que levam o agricultor brasileiro a estender a vida útil de suas máquinas; e a importância do mercado de máquinas usadas para a dinâmica da mecanização brasileira. Essas são questões que ensejariam uma nova agenda de pesquisa na linha de modernização e mecanização do agronegócio nacional.

REFERÊNCIAS

- ALVES, E. R. A. Embrapa: a successful case of institutional innovation. **Revista de Política Agrícola**, edição especial, p. 64-72, 2010.
- ANFAVEA – ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE VEÍCULOS AUTOMOTORES. **Estatísticas**. Anual. São Paulo: Anfavea, 2019.
- BACHA, C. J. C. **Economia e política agrícola no Brasil**. 2. ed. São Paulo: Editora Atlas, 2012.
- BARICELO, L. G. **A evolução diferenciada da indústria de máquinas agrícolas**: um estudo sobre os casos norte-americano e brasileiro. 2014. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (Esalq), Universidade de São Paulo (USP), Piracicaba, 2014.
- BARICELO, L. G.; BACHA, C. J. C. Oferta e demanda de máquinas agrícolas no Brasil. **Revista de Política Agrícola**, v. 22, n. 4, p. 67-83, 2013.
- BARROS, G. S. C.; CAMARGO, E. J. J. D.; CARMO, A. J. B. Demanda de tratores. *In*: IPEA – INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **Relatório do estudo nacional de máquinas agrícolas**. Piracicaba: Ipea, 1979. 130 p.
- HAYAMI, Y.; RUTTAN, V. W. **Desenvolvimento agrícola**: teoria e experiências internacionais. Brasília: Embrapa, 1988.
- HOFFMANN, R. **Estatística para economistas**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2011.
- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Agropecuário 2006**. Rio de Janeiro: IBGE, 2006. Disponível em: <<https://bit.ly/3cblm8m>>. Acesso em: 11 abr. 2019.
- _____. **Censo Agropecuário 2017**. Rio de Janeiro: IBGE, 2017.
- JORGENSON, D. W. The development of a dual economy. **The Economic Journal**, v. 71, n. 282, p. 309-334, 1961.
- _____. Testes de teorias alternativas de desenvolvimento em economia dualista. *In*: ARAÚJO, P. F. C. (Ed.). **Desenvolvimento da agricultura**: natureza do processo e modelos dualistas. São Paulo: Pioneira Editora, 1975.
- KAGEYAMA, A. O novo padrão agrícola brasileiro: do complexo rural aos complexos agroindustriais. *In*: DELGADO, G. C.; GASQUES, J. G.; VERDE, C. M. V. (Eds.). **Agricultura e políticas públicas**. Brasília: Ipea, 1990.
- MOWERY, D. C.; ROSENBERG, N. **Trajетórias da inovação**: a mudança tecnológica nos Estados Unidos da América no século 20. Campinas: Unicamp, 2005. 230 p.

- RANIS, G.; FEI, J. C. H. A theory of economic development. **The American Economic Review**, p. 533-565, 1961.
- ROSEN, J. B. The gradient projection method for nonlinear programming: Part I – Linear constraints. **Journal of the society for industrial and applied mathematics**, v. 8, n. 1, p. 181-217, 1960.
- SILVA, G. B.; BOTELHO, M. I. V. O processo histórico da modernização da agricultura no Brasil (1960-1979). **Revista de Extensão e Estudos Rurais**, v. 3, n. 1, 2014.
- SILVA, R. P.; BARICELO, L. G.; VIAN, C. E. F. Estoque brasileiro de tratores agrícolas: evolução e estimativas de 1960 a 2016. **Revista de Economia Agrícola**, v. 62, n. 2, p. 21-35, 2015.
- SILVA, R. P. D. **A indústria de máquinas agrícolas: formação de um oligopólio, internacionalização e poder de mercado**. 2015. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2015.
- _____. **Modernização da agropecuária brasileira: progresso econômico e heterogeneidade produtiva**. 2019. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2019.
- SILVA, R. P. D.; VIAN, C. E. D. F. Avaliação ex-post de ato de concentração na indústria de máquinas agrícolas com o uso de séries temporais. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 55, n. 1, p. 157-178, 2017.
- _____. Fatores de modernização agropecuária nos municípios brasileiros em 2006. **Análise Econômica**. No prelo.
- VIAN, C. E. D. F. *et al.* Origens, evolução e tendências da indústria de máquinas agrícolas. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 51, n. 4, p. 719-744, 2013.
- VIEIRA FILHO, J. E. R.; FISHLOW, A. Agricultura e indústria no Brasil: inovação e competitividade. Brasília: Ipea, 2017.

BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

- BARROS, A. L. M. **Capital, produtividade e crescimento da agricultura: o Brasil de 1970 a 1995**. 1999. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1999.