

# ESTOQUE BRASILEIRO DE TRATORES AGRÍCOLAS: EVOLUÇÃO E ESTIMATIVAS DE 1960 A 2016<sup>1</sup>

Rodrigo Peixoto da Silva<sup>2</sup>  
Luis Gustavo Baricelo<sup>3</sup>  
Carlos Eduardo de Freitas Vian<sup>4</sup>

**RESUMO:** O objetivo deste trabalho foi construir uma série anual do estoque brasileiro de tratores agrícolas que tenha aderência aos dados oficiais censitários, decompondo-a em classes “etárias”. Para isto foram estimadas as taxas de renovação da frota que igualam a série aos dados do Censo Agropecuário em cada período por meio do método de otimização do Gradiente Reduzido Generalizado Não-Linear. Os resultados apontam para uma frota crescente, embora composta por tratores com tempo de uso muito superior àquele recomendado. Isso demonstra que o agricultor prolonga expressivamente a vida útil de suas máquinas, podendo incorrer em significativas perdas de eficiência no campo e desacelerando a renovação da frota brasileira.

**Palavras-chave:** máquinas agrícolas, mecanização, composição etária da frota, taxa de renovação, taxa de depreciação.

## BRAZILIAN STOCK OF FARMING TRACTORS: EVOLUTION AND ESTIMATES 1960-2016 PERIOD

**ABSTRACT:** The aim of this work was to build an annual series of the stock of Brazil's farming tractors, with adherence to official census data, by decomposing it into "age" categories. Fleet renewal rates that equate the series with the Agricultural Census data in each period were estimated through nonlinear optimization using the generalized reduced gradient method. The results point to a growing fleet, although composed of tractors with time of use far superior to that recommended. This demonstrates that farmers significantly extend the lifetime of their machines, and may incur significant losses of efficiency in the field and slow down the Brazilian fleet renewal.

**Key-words:** agricultural machinery, mechanization, fleet age composition, renewal rate, depreciation rate, Brazil.

**JEL Classification:** Q1, L6.

---

<sup>1</sup>Registrado em CCTC, REA-02/2017.

<sup>2</sup>Economista, Mestre, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo (ESALQ/USP), Piracicaba, Estado de São Paulo, Brasil (e-mail: rodrigo.peixoto@hotmail.com).

<sup>3</sup>Economista, Mestre, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo (ESALQ/USP), Piracicaba, Estado de São Paulo, Brasil (e-mail: lgbaricelo@hotmail.com).

<sup>4</sup>Economista, Doutor, Professor do Departamento de Economia, Administração e Sociologia da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo (ESALQ/USP), Piracicaba, Estado de São Paulo, Brasil (e-mail: cefvian@usp.br).

## 1 - INTRODUÇÃO

O agronegócio tem papel de destaque na economia brasileira pela sua pujança, mesmo em momentos de crise, tal qual a atual situação. Segundo Bacha (2012), a produtividade do agronegócio aumentou 3,5 vezes entre 1973 e 2010. O valor da produção agropecuária brasileira aumentou 84% entre 1985 e 2006 (HELFAND; MAGALHÃES; RADA, 2015). Já Gasques, Bastos e Bacchi (2009) encontraram uma taxa de crescimento anual da Produtividade Total dos Fatores (PTF) de 2,51% para o período 1975 a 2005. Tal crescimento somente foi possível pela melhoria da eficiência técnica no setor agropecuário e boa parte dessa eficiência se deve à melhor utilização dos insumos, bem como às melhorias na qualidade dos mesmos.

Grande parte do ganho de eficiência se originou da maior utilização de insumos portadores de tecnologia, como sementes geneticamente modificadas, adubos, fertilizantes e de bens de capital do setor agrícola. Gonçalves, Lemos e Fajardo (2015) pesquisaram os padrões de inovação na indústria de bens de capital agrícola no Brasil, demonstrando a coexistência de empresas brasileiras tão inovadoras quanto as subsidiárias de multinacionais do mesmo ramo. Por sua vez, Vian et al. (2013) demonstram, por uma abordagem histórica, a importância e a evolução do setor de máquinas agrícolas para o desenvolvimento da agricultura brasileira.

O prolongamento do uso dos tratores, para além da vida útil recomendada por fabricantes e especialistas, ocorre devido ao cenário (econômico, político, climático, etc.) enfrentado pelo produtor rural, o qual deve decidir se investe em maquinário novo ou se prolonga a utilização de suas máquinas (incorrendo em todos os problemas atrelados a essa decisão).

A Associação Nacional do Fabricantes de Veículos Automotores (ANFAVEA) realizava, até 2007, estimativas da frota de tratores no Brasil considerando uma taxa de depreciação determinada *a priori*. Tais estimativas, no entanto, chegavam a valores cada vez

mais discrepantes daqueles divulgados pelo levantamento do Censo Agropecuário. A título de ilustração, de acordo com os cálculos da associação, o estoque brasileiro de tratores, em 2006, seria de 336.589 unidades (ANFAVEA, 2007), enquanto o Censo Agropecuário aponta para uma frota de 820.718 no mesmo ano, cerca de 2,4 vezes o valor estimado pela ANFAVEA, o que demonstra um equívoco na definição das taxas ou do método de depreciação.

Isso demonstra que o estoque brasileiro, embora tenha se depreciado como qualquer ativo, não foi renovado de acordo com o período de vida útil estabelecido na literatura e recomendado pelos fabricantes, ou mesmo que tal processo ocorreu de maneira muito menos intensa do que aquela representada pela taxa de depreciação adotada pela ANFAVEA<sup>5</sup>. Tal fato coloca em evidência esse fator problemático para a agricultura brasileira, levantando a seguinte hipótese: além de um nível de mecanização inferior ao de países desenvolvidos, seria o estoque brasileiro composto por tratores com tempo de uso consideravelmente superior ao recomendado, implicando em menor eficiência e produtividade dessas máquinas?

Com base nessa problematização, este trabalho teve como objetivo calcular as taxas de renovação do estoque que tornam equivalentes o somatório das vendas internas e dos estoques iniciais com o estoque efetivo oficial de tratores - fornecido pelo Censo Agropecuário - e, após isso, realizar uma estimativa da composição "etária" do estoque brasileiro. Para isso o trabalho está dividido em seis seções, com esta introdução. A segunda seção traz alguns dados e informações preliminares a respeito do estoque de tratores agrícolas e da evolução dos índices de mecanização agrícola no Brasil. A terceira seção traz definições referentes aos conceitos de depreciação, sucateamento e renovação do estoque. A quarta seção demonstra a metodologia utilizada para a obtenção dos resultados, bem como as premissas assumidas. A quinta seção traz os resultados e discussões e, por fim, a sexta seção traz as conclusões e considerações finais.

<sup>5</sup>Em torno de 8% a.a. De acordo com a metodologia da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), para tratores, chega-se a uma taxa de depreciação próxima de 13%.

## 2 - O ESTOQUE BRASILEIRO DE TRATORES AGRÍCOLAS

Com exceção dos implementos e ferramentas mais rudimentares fabricados por firmas nacionais, as máquinas e equipamentos utilizados na agricultura brasileira entre os anos 1920 e 1960 eram compostos por produtos importados. Originava-se daí uma grande diversidade de modelos e marcas de tratores e colheitadeiras em uso no Brasil, fabricados, em geral, por grandes empresas europeias e norte-americanas (FONSECA, 1990). Esse grande contingente de marcas e modelos dificultava o estabelecimento de padrões e impossibilitava o intercâmbio de peças e componentes de reposição (e dos próprios implementos), transferindo ao agricultor o planejamento dos estoques de peças para reposição e trocas necessárias, bem como a busca por mão de obra qualificada para operar e realizar manutenções nas máquinas (FERREIRA, 1995; SILVA, 2015; VIAN et al., 2013).

A agricultura brasileira, até meados da década de 1950, caracterizava-se como uma atividade trabalho-intensiva, com um estoque de tratores muito pequeno (8.372 tratores em 1950) se comparado aos países da Europa Ocidental e Estados Unidos. Ainda que não seja possível considerá-la uma atividade capital-intensiva<sup>6</sup>, mesmo com o maior nível de mecanização atingido nos anos 2000, um aumento expressivo das importações de tratores a partir da década de 1950 resultou na expansão do estoque para 61.345 unidades em 1960. Esse surto de demanda por máquinas agrícolas esteve relacionado com

a expansão da produção agrícola (alimentos e insumos industriais) e a abertura de novas fronteiras agropecuárias nas regiões Centro-Oeste e Norte do país (FERREIRA, 1995, p. 5).

É importante destacar, também, o crescimento da indústria nacional de máquinas agrícolas durante tal período e a sua atuação no sistema nacional de crédito rural, responsáveis por possibilitar a intensificação do uso de tratores no meio rural.

O Processo de Substituição de Importações

(PSI) incentivou a instalação de fabricantes de máquinas agrícolas em território nacional, ação que se iniciou com o Plano Nacional da Indústria de Tratores Agrícolas, instituído pelo Decreto n. 47.473 de 22 de dezembro de 1959 e coordenado pelo Grupo Executivo da Indústria Automobilística (GEIA), o qual visava nacionalizar a produção por meio de benefícios à produção nacional, entre eles a isenção de impostos de importação, taxa cambial favorável e a não necessidade da respectiva cobertura cambial (BARICELO, 2014).

O governo foi responsável por gerar condições favoráveis à demanda por meio, principalmente, de um canal de crédito agrícola para investimento, que foi oficialmente instituído em 1965 com a criação do Sistema Nacional de Crédito Rural (SNCR), além de ter financiado a adoção de tecnologias modernas na agricultura, especialmente os tratores.

A relação entre a demanda por máquinas agrícolas e a concessão de crédito para investimento divide-se em três períodos: o primeiro, de crédito agrícola farto, com taxa de juros subsidiadas e demanda elevada por máquinas agrícolas (1969-1979); o segundo, de crise com relação à (in)disponibilidade de crédito e consequente declínio da aquisição de máquinas agrícolas (1980-1996); e o terceiro, no qual o governo retomou sua capacidade de financiar a agricultura e a demanda voltou crescer (1996-2013) (BARICELO, 2014). Segundo o autor, o crédito agrícola para investimento em máquinas expandiu-se 133% em termos reais entre 1970 e 1977. Além disso, contribuiu para o aumento da demanda a presença de taxas de juros negativas durante todo esse período, representando uma transferência de recursos de outros setores para a agropecuária (BACHA, 2012). A demanda por tratores e colheitadeiras cresceu 5,3 vezes, enquanto a produção se expandiu em 4,7 vezes durante 1969-1977 (BARICELO, 2014).

Todavia, a partir de 1980, o Brasil passou a enfrentar dificuldades no cenário macroeconômico, principalmente relacionadas ao desajuste das contas públicas e elevação da inflação. Esses fatores fizeram

<sup>6</sup>Considerando-se apenas o segmento de tratores e colheitadeiras.

o governo reduzir os repasses de crédito para investimento agrícola e elevar a taxa de juros. Somado a isso, ocorreu a descapitalização do produtor rural durante as décadas de 1980 e 1990, além da deterioração dos termos de troca na agricultura. A “década perdida” afetou tanto os agricultores quanto os fabricantes de máquinas, reduzindo expressivamente as concessões de crédito em um ambiente econômico problemático. Isso desestimulou a compra de bens de capital por parte dos agricultores, seja para substituir aqueles já existentes, seja para expandir os estoques. De acordo com os dados dos Censos Agropecuários, no entanto, o estoque total permaneceu crescente, o que indica que mesmo os tratores mais velhos e deteriorados permaneceram em uso.

A crise estendeu-se por toda a década de 1990, com baixo nível de concessão de crédito e demanda aquém daquela observada em décadas anteriores, chegando em 1996 com apenas 11 mil máquinas comercializadas. A redução de crédito em conjunto com o alto grau de endividamento, oriundo da situação presente de mercado e das condições prévias de oferta de crédito, dificultou o acesso aos maquinários, impossibilitando os agricultores de continuar o processo de modernização no campo. A figura 1 ilustra a evolução das vendas internas de tratores e do crédito agrícola.

No limiar do novo milênio, o governo federal criou o Programa de Modernização da Frota de Tratores e Implementos Associados e Colheitadeiras (MODERFROTA), lançado no ano 2000 com o objetivo de financiar a compra de tratores, pulverizadores, plantadeiras, semeadoras, plataformas de corte e colheitadeiras.

De acordo com Salomão (2003), o programa teria sido o grande responsável pela renovação da frota de tratores agrícolas do Brasil. Já outros trabalhos não constataram relação estatística significativa para uma mudança no patamar de vendas originada pelo programa de crédito (BARICELO; BACHA, 2013; MORAES; VIAN, 2013). Silva (2015), por sua vez, mesmo não tendo analisado especificamente o MODERFROTA, constatou uma relação positiva e estatisticamente significativa, embora sutil, entre a demanda

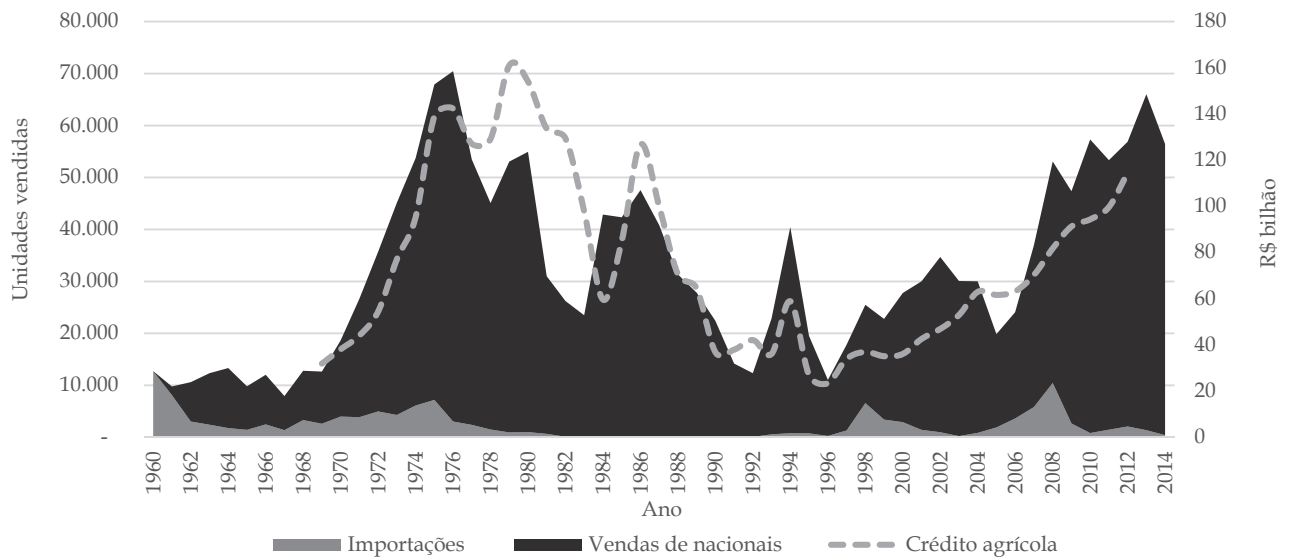
de tratores e o crédito agrícola para investimento, que se dá com maior intensidade no segmento de tratores de maior potência.

As vendas internas de tratores de rodas, que atingiram o patamar de 62.700 unidades em 1976, foram superadas apenas em 2013 (65.089 unidades), apresentando oscilações e significativas quedas no período de 1950 a 2014. O estoque de tratores agrícolas, no entanto, manteve-se crescente durante todo o período. Estes são indícios de que o uso dos tratores agrícolas foi realizado além do período de vida útil ideal - reconhecido pela literatura e recomendado pelos fabricantes -, que varia entre 10 e 21 anos (IEA, 2015; MOLINA JÚNIOR; CANALE, 1998, apud OLIVEIRA, 2000); embora Cosentino (2004), tenha encontrado tratores com até 34 anos em sua amostra.

Ainda que crescente nas últimas décadas, o estoque brasileiro de tratores é expressivamente menor se comparado ao dos países desenvolvidos ou mesmo com relação à China e Índia, que apresentaram elevadas taxas de crescimento econômico na última década. Além disso, por ser um país denominado “continental”, devido às suas dimensões territoriais e também pela grande extensão de área propícia à atividade agropecuária, o Brasil apresenta um índice de mecanização agrícola aquém do desejado.

Tendo em vista a importância da agricultura brasileira, seja como parcela do PIB, seja na contribuição para o saldo da balança comercial ou ainda com relação ao potencial do agronegócio em termos globais, considerando-se o crescimento da demanda por *commodities* na última década e as expectativas de crescimento das necessidades alimentares mundiais, o Brasil possui um grande potencial de expansão dos índices de mecanização agrícola visando aumento de eficiência produtiva.

De acordo com os dados da Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO, 2015), a Índia decuplicou o número de tratores em uso entre 1975 e 2006. China, Japão, Espanha e Brasil apresentaram um crescimento expressivo no mesmo período (164% em média). Com relação à área cultivada, no entanto, Japão e Espanha apresentaram redução neste mesmo período e a Índia manteve um valor pra-



**Figura 1** - Vendas de Tratores Nacionais e Importados e Crédito Agrícola em Valores Constantes (IGP-DI Ago./1994 = 100%), Brasil, 1960 a 2014.

Fonte: Elaborada pelos autores a partir dos dados da ANFAVEA (2016), FAO (2015) e BACEN (2015).

ticamente constante, o que se reflete em um grande aumento do índice de mecanização nesses países.

A maior expansão da área cultivada ocorreu justamente no Brasil (59% no acumulado ou 1,5% a.a.), o que limitou o crescimento do índice. Ainda assim, o índice de mecanização cresceu cerca de 54%, valor inferior à Índia, Japão, Espanha e China (993%, 215%, 213% e 121%, respectivamente), porém, superior a países como a Argentina, Canadá, EUA e Alemanha (27%, 17%, 0% e -35%, nessa ordem). Para que o Brasil atinja o nível médio de mecanização de países como Alemanha, Espanha e França em um período de dez anos, seria necessário que o índice de mecanização brasileiro crescesse cerca de 24% a.a., implicando um crescimento de vendas 24 p.p. acima dos crescimentos da área cultivada e da taxa de sucateamento das máquinas somadas.

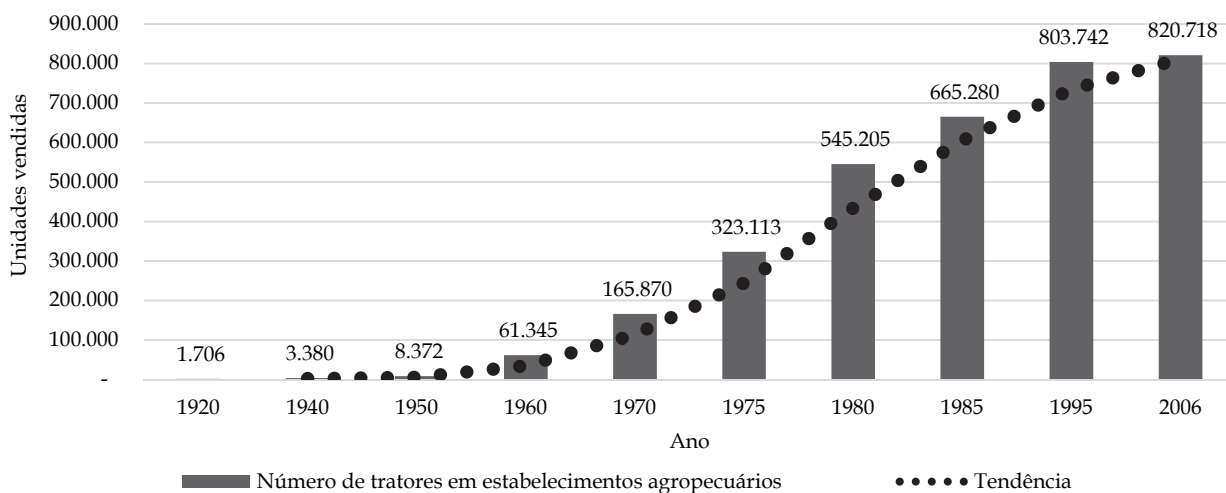
Embora os índices de mecanização agrícola sejam ainda relativamente baixos, a frota de tratores quintuplicou no período 1970-2006. A figura 2 ilustra o crescimento do estoque brasileiro de tratores agrícolas.

Esse crescimento, todavia, ocorreu de forma concentrada na região Centro-Sul, na qual se encontra grande parte da produção dos principais gêneros produzidos e comercializados pelo Brasil. O Estado de São Paulo sempre foi pioneiro em número de tratores,

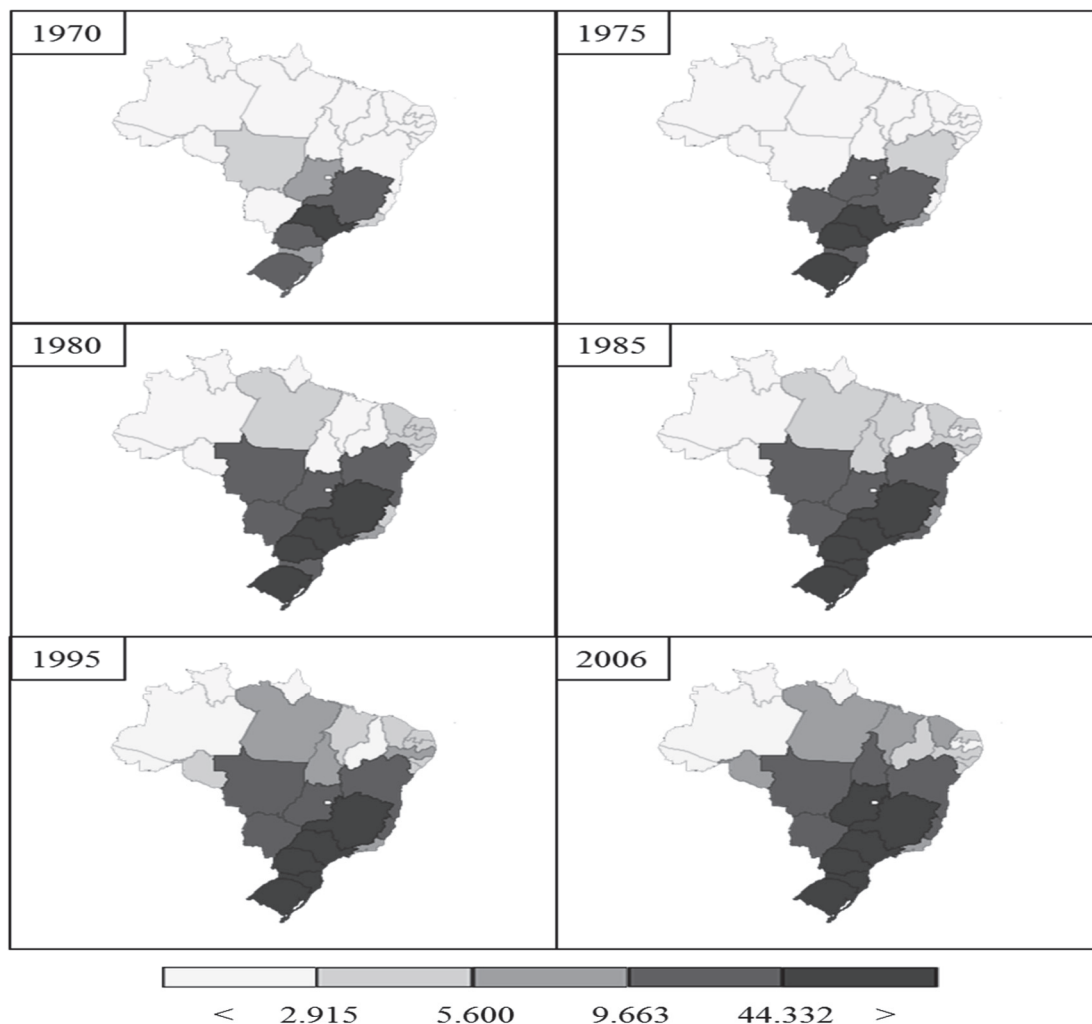
concentrando boa parte do estoque do país desde a década de 1970, seguido por outros das regiões Sul e Sudeste, como o Paraná, Rio Grande do Sul e Minas Gerais. Em meados da década de 1970 e início dos anos 1980, houve a consolidação dos estados do Sul e Sudeste detentores dos maiores estoques de tratores, além de uma forte expansão para a região Centro-Oeste. Essa região, entretanto, permaneceu com o estoque relativamente estável a partir de 1985. Após esse período, o crescimento foi mais intenso na chamada “nova fronteira agrícola brasileira”, que compreende os Estados do Maranhão, Piauí, Tocantins e Bahia (MATOPIBA).

Os dados do Censo Agropecuário de 2006 demonstram uma maior distribuição regional do estoque brasileiro (IBGE, 2015). Ainda assim, é claro o potencial de expansão em diversos estados, principalmente nas regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste (Figura 3).

Os Estados de São Paulo, Minas Gerais, Paraná, Santa Catarina, Rio Grande do Sul e Goiás correspondem aos 20% mais “tratorizados” do Brasil, seguidos por Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Tocantins e Bahia, que se enquadram na segunda classe. Essa classificação permite, ao mesmo tempo, analisar a distribuição regional no ano de 2006 e o crescimento absoluto nos demais períodos.



**Figura 2** - Evolução do Número de Tratores em Estabelecimentos Agropecuários, Brasil, 1920 a 2006.  
 Fonte: Elaborada pelos autores a partir dos dados do IBGE (2015).



**Figura 3** - Crescimento Regional da Frota de Tratores Agrícolas, Brasil, 1970 a 2006.  
 Fonte: Elaborada pelos autores a partir dos dados do IBGE (2015).



### 3 - DEPRECIAÇÃO, SUCATEAMENTO E RENOVAÇÃO DO ESTOQUE DE TRATORES

O conceito de depreciação de um bem ou ativo está relacionado à perda de valor que este sofre ao longo do tempo. Esta perda é atribuída ao desgaste pelo uso, defasagem tecnológica ou ação da própria natureza. Pela ótica econômica, a depreciação reflete a redução do valor real de um bem, ou ativo, com o passar do tempo, que é oriunda de sua deterioração, exaustão ou obsolescência.

Noronha (1981 apud OLIVEIRA, 2000) define a depreciação como o montante necessário para substituir os ativos de longo prazo, quando estes perderem sua viabilidade econômica em função do desgaste ou obsolescência. Para Hoffmann et al. (1978)<sup>7</sup>,

depreciação é o custo necessário para substituir os bens de capital quando tornados inúteis pelo desgaste físico (depreciação física) ou quando perdem valor com o decorrer dos anos devido às inovações técnicas (depreciação econômica ou obsolescência).

Depreciação econômica e depreciação física podem, portanto, se comportar de maneira relativamente independente. Um trator com poucos anos ou horas de uso e, conseqüentemente com um nível baixo de depreciação física, sofrerá uma grande depreciação econômica sempre que houver uma mudança tecnológica, isto é, o lançamento de um produto que realize as mesmas operações de forma mais eficiente.

Outro ponto importante a se destacar é que, ao utilizar como objeto de estudo um grupo heterogêneo de bens duráveis, incorre-se em uma diferença entre a taxa de depreciação física e a taxa de sucateamento. Isso ocorre porque, ao analisar o bem individualmente, este sofrerá depreciação até que, em um determinado instante, seja sucateado; já ao analisar um estoque heterogêneo como um todo (tratores com di-

ferentes tempos de uso) em quantidades físicas, o que se pode observar é o número ou a parcela dos bens que foram sucateados. Esclarecidos esses conceitos, pode-se definir:

- Depreciação econômica ou contábil - perda de valor de um bem durável decorrente da ação do tempo e de sua obsolescência tecnológica com relação aos lançamentos do mercado (novos e mais eficientes).
- Depreciação física - perda de eficiência em realizar as atividades para as quais o bem é projetado, decorrente de sua exaustão e/ou da deterioração temporal.
- Sucateamento - eliminação parcial ou total de um grupo de bens duráveis por não apresentarem condições viáveis de funcionamento na atividade produtiva.
- Renovação/reposição - parcela inserida no estoque em substituição àquilo que foi sucateado. Sempre que o incremento de novos bens for igual ou superior ao sucateamento, a renovação será equivalente ao sucateamento, sendo o excedente considerado como expansão do estoque. O termo renovação<sup>8</sup> é mais adequado nesse contexto e foi utilizado neste trabalho, pois espera-se que os novos ativos adquiridos para substituir àqueles sucateados tenham níveis incrementais de tecnologia.

Não havendo mudanças tecnológicas expressivas que ampliem a vida útil das máquinas, não é esperado que a taxa de depreciação física varie expressivamente ao longo do tempo. Já no caso da taxa de renovação do estoque, essa variação é bastante provável, uma vez que ela depende da decisão do produtor rural de substituir ou aumentar seu estoque de tratores e, conseqüentemente, do cenário econômico no qual ele toma suas decisões.

Barros, Camargo e Carmo (1979) estimaram uma série anual do estoque brasileiro de tratores de 1950 a 1977, sem fazer distinção entre taxa de deprecia-

<sup>7</sup>Um bom resumo sobre o conceito de depreciação pode ser visto em Oliveira (2000).

<sup>8</sup>A título de ilustração, considere um estoque inicial de 100 tratores, 50 novos e 50 em seu último ano de vida útil. Considere que todos os tratores sofram depreciação física linear de 10% ao ano. No segundo, ano todo o estoque estará 10% menos eficiente por conta da depreciação; porém, metade dele será sucateado por ter atingido o fim de sua vida útil. Assim, a taxa de depreciação física é de 10% e a de sucateamento é de 50%. Caso o estoque seja acrescido, no segundo ano, de um número igual (ou maior) a 50 unidades, a taxa de renovação será equivalente (ou maior) à de sucateamento.

ção e taxa de renovação dos tratores, encontrando taxas que aproximavam as séries estimadas dos dados oficiais do Censo Agropecuário, chegando às seguintes taxas (d): 7% para o período de 1950-1960 e 1,5% para o período de 1961-1977; ou 2,5% para o período 1950-1977 (Figura 4).

A taxa de sucateamento do estoque de tratores foi baixa entre os anos 1950 e o final dos anos 1970, e o estoque aumentou, demonstrando como o agricultor brasileiro expandia o uso de seus tratores por períodos superiores à vida útil recomendada, tentando contornar os altos custos de aquisição e explorar ao máximo a frota existente. Com base em Barros, Camargo e Carmo (1979) e supondo que o estoque de tratores em 1960 era composto, majoritariamente, por tratores novos, apenas 15% do estoque inicial havia sido renovado em 1970. Em 1975, atingiu-se o acumulado de 52% de renovação do estoque de 1960.

A próxima seção descreve os métodos utilizados para as estimativas da série anual do estoque de tratores agrícolas no Brasil de 1960 a 2015, as respectivas taxas de renovação do estoque, além da decomposição etária do mesmo.

#### 4 - METODOLOGIA

Para se obter uma série de estoque de bens duráveis é necessário partir de um ponto de referência no qual exista informação sobre a idade (tempo de uso) dos tratores, o nível de depreciação das máquinas ou que seja possível aceitar que seu estoque não tenha sofrido depreciação anterior. Conforme ilustrado previamente, houve um grande surto de demanda durante os anos 1950 (principalmente no final da década, apoiado no Plano de Metas), aumentando o estoque em cerca de 7 vezes até 1960. Assim, pode-se considerar que grande parte dos tratores agrícolas em uso no Brasil em 1960 era relativamente nova. Este ano é o ponto de partida para a construção da série e será, portanto, considerado como o período inicial.

De acordo com Barros, Camargo e Carmo

(1979), o estoque de tratores no período  $t$  é dado pela equação (1):

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

Onde:  $S_t$  é o estoque no fim do período  $t$ ;  $d$  é a taxa de sucateamento<sup>9</sup> aplicada sobre o estoque existente em  $t-1$ ;  $M_t$  é a importação de tratores em quantidade ocorrida no ano  $t$ ;  $V_t$  é a venda doméstica de tratores nacionais em quantidade;  $(\Delta I)_t$  é um parâmetro de mudança na manutenção dos estoques, que assumiu ser nulo. O estoque final é equivalente ao estoque inicial decrescido de uma porcentagem sucateada mais as vendas de nacionais e importações no período considerado. Isolando-se a taxa de sucateamento chega-se na equação (2):

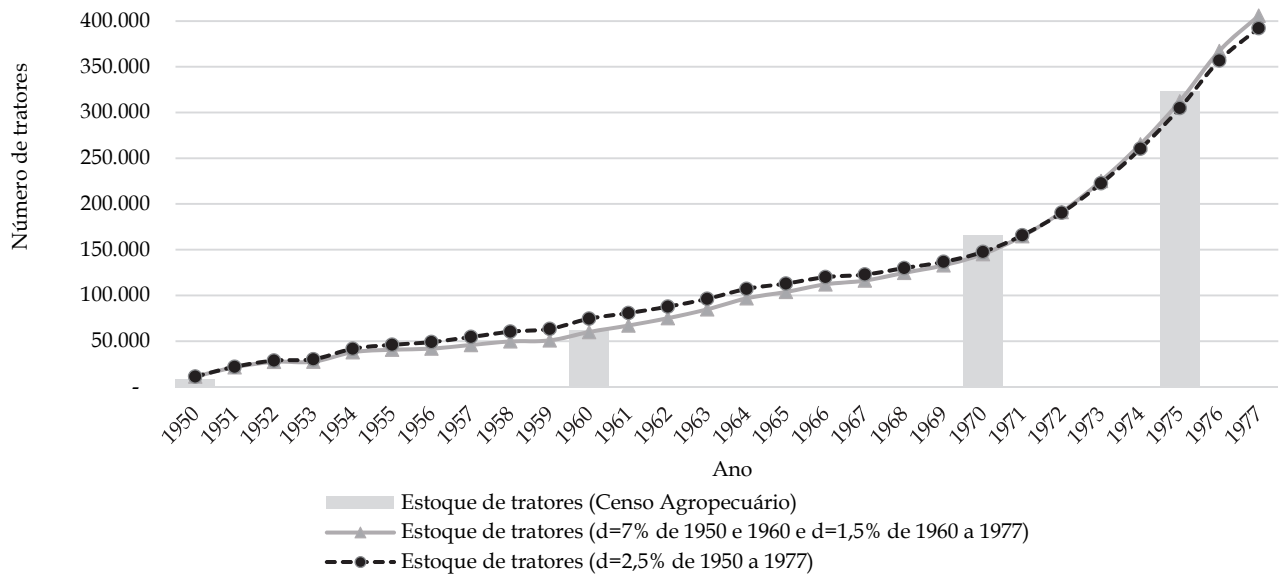
$$d = 1 + \frac{M_t + V_t - S_t}{S_{t-1}} \quad (2)$$

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

$$\begin{aligned} S_T &= S_0 \cdot (1 - d)^T \\ &+ \sum_i^T (M_i \\ &+ V_i) \cdot (1 - d)^{T-i}; \quad i \\ &= 1, \dots, T \end{aligned} \quad (3)$$

<sup>9</sup>Os autores a denominam taxa de depreciação.





**Figura 4** - Número de Tratores em Estabelecimentos Agropecuários, Brasil, 1950 a 1977.

Fonte: Elaborada pelos autores a partir dos dados de Barros, Camargo e Carmo (1979) e IBGE (2015).

Onde:  $S_T$  é o estoque de tratores em um período  $T$  qualquer;  $S_0$  é o estoque inicial;  $d$  é a taxa anual de sucateamento/renovação dos estoques;  $M_i$  são as importações em quantidades no ano  $i$ ;  $V_i$  são as vendas de nacionais no ano  $i$ .

O procedimento consiste no cálculo de uma taxa de renovação do estoque de tratores que torne nula a diferença entre o estoque estimado e o estoque efetivo, e a solução foi encontrada com base em técnica de programação não linear conhecida como Método do Gradiente Reduzido, desenvolvido por Rosen (1960) e disponível em diversos *softwares* de análise de dados como o Microsoft Excel. A próxima seção traz os resultados encontrados para as diversas taxas de renovação e os valores estimados para o estoque de tratores no Brasil entre 1960 a 2015. Além disso, traz também uma estimativa da estrutura “etária” do estoque brasileiro ao longo das últimas décadas.

## 5 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

A tabela 1 ilustra as taxas anuais de sucateamento/renovação que atendem à condição imposta pela equação (3), isto é, igualam o estoque de tratores

(lado direito da equação) aos valores do Censo Agropecuário (lado esquerdo da equação).

De maneira geral, pode-se perceber que a taxa de renovação e, conseqüentemente, a taxa de depreciação, é muito baixa, bastante diferente daquela adotada por associações e institutos como a ANFAVEA, CNI e IEA, que utilizavam taxas entre 8% e 13% para estimar a frota de tratores, incorrendo em valores de frota bastante abaixo daqueles encontrados nos Censos Agropecuários. Com base nas taxas calculadas é possível estimar, de forma mais precisa, o estoque anual de tratores no Brasil, minimizando discrepâncias como as que ocorriam entre as estimativas da ANFAVEA e os dados oficiais do Censo Agropecuário.

No primeiro período, 1960 a 1970, a taxa de renovação não chegou a 1% ao ano. Embora tenha sido nesta época que a produção nacional de tratores tenha se iniciado, as vendas permaneceram estagnadas em torno de 12 mil unidades/ano. As vendas de tratores nacionais cresceram expressivamente, porém, substituindo as vendas de importados e não as complementando (Figura 1).

A década de 1970 apresentou as maiores taxas de renovação. Este foi um dos períodos mais importantes para a indústria de máquinas, que teve recordes de vendas de algumas categorias de tratores

**Tabela 1** - Taxas de Renovação do Estoque de Tratores Agrícolas, Estoque de Tratores e Vendas Totais, Brasil, 1960 a 2016

Ano	Estoque <sup>1</sup>	Vendas nacionais e importados	d (%)	Ano	Estoque <sup>1</sup>	Vendas nacionais e importados	d (%)
1960	61.324	12.739	-	1989	764.447	27.818	2,10
1961	73.482	9.783	0,78	1990	775.615	22.415	2,10
1962	82.611	10.609	0,78	1991	781.260	14.174	2,10
1963	92.489	12.321	0,78	1992	778.718	12.342	2,10
1964	103.987	13.318	0,78	1993	774.436	22.858	2,10
1965	116.385	9.822	0,78	1994	780.539	40.456	2,10
1966	125.216	12.022	0,78	1995	803.742	19.497	2,10
1967	136.161	7.938	0,78	1996	800.354	11.051	2,78
1968	142.968	12.791	0,78	1997	788.849	17.808	2,78
1969	154.537	12.645	0,78	1998	784.233	25.482	2,78
1970	165.870	18.610	0,78	1999	787.206	22.774	2,78
1971	181.145	26.621	1,81	2000	787.464	27.779	2,78
1972	204.010	35.650	1,81	2001	792.580	30.008	2,78
1973	235.328	45.077	1,81	2002	799.722	34.697	2,78
1974	275.336	53.725	1,81	2003	811.223	30.073	2,78
1975	323.113	67.916	1,81	2004	817.909	30.008	2,78
1976	380.043	70.461	2,81	2005	824.346	19.839	2,78
1977	437.846	53.466	2,81	2006	820.718	24.062	2,78
1978	477.509	45.087	2,81	2007 <sup>2</sup>	827.713	36.909	2,02
1979	507.913	53.053	2,81	2008 <sup>2</sup>	847.155	53.086	2,02
1980	545.205	54.948	2,81	2009 <sup>2</sup>	882.054	47.359	2,02
1981	589.122	31.012	1,84	2010 <sup>2</sup>	910.636	57.298	2,02
1982	608.735	26.223	1,84	2011 <sup>2</sup>	948.380	53.318	2,02
1983	623.287	23.476	1,84	2012 <sup>2</sup>	981.461	56.881	2,02
1984	634.875	42.863	1,84	2013 <sup>2</sup>	1.017.365	66.031	2,02
1985	665.280	42.351	1,84	2014 <sup>2</sup>	1.061.509	56.447	2,02
1986	692.760	47.567	2,10	2015 <sup>2</sup>	1.095.370	37.761	2,02
1987	724.769	40.835	2,10	2016 <sup>2</sup>	1.110.239	43.143	2,02
1988	749.515	31.341	2,10	-	-	-	-

<sup>1</sup>Para os anos censitários (1960, 1970, 1975, 1980, 1985, 1995 e 2006), os valores são observados; para os demais anos, os valores foram estimados pela metodologia adotada neste trabalho.

<sup>2</sup>Para 2007 a 2016, d = média dos demais períodos.

Fonte: Elaborada pelos autores a partir dos dados da ANFAVEA (2015), FAO (2015) e IBGE (2015).

superados apenas em 2013. No final dos anos 1970, já surgiam indícios de uma desaceleração, tanto das vendas quanto do estoque, que se prolongou até meados dos anos 1990.

As vendas sofreram o maior impacto, apresentando intensa queda ao longo do período. Houve crescimento em alguns anos, mas o mesmo não ocorreu de forma consistente, caracterizando uma grave crise no setor. O estoque, por sua vez, apresentou um comportamento muito mais suave. Enquanto as vendas despencavam, ele crescia, porém, a taxas decrescentes. Isso implica que, não obstante o incremento fosse pequeno, os agricultores continuavam utilizando-se daqueles tratores que já compunham o estoque, o que é corroborado pelas baixas taxas de renovação da década de 1980.

Somente após meados dos anos 1990 as vendas de tratores voltaram a crescer de forma consistente, embora passassem ainda por algumas turbulências. O estoque também apresentou crescimento mais intenso, devido a retomada das vendas e do baixo nível de sucateamento. Adotando-se como taxa de renovação para o período 2007-2015 a média dos demais períodos, chega-se a um estoque de aproximadamente 1,1 milhão de tratores em 2016. Este período apresentou também um dos maiores níveis de vendas desde os anos 1960. A figura 5 ilustra a série estimada do estoque de tratores, além da decomposição por tempo de uso do mesmo.

Com algumas raras exceções (1991 a 1993, 1995 a 1998, e 2005 a 2006), a taxa de crescimento do estoque foi positiva entre 1960 e 2016, a despeito dos diversos períodos críticos pelos quais o país passou e que afetaram tanto a agricultura quanto a indústria. Um ponto de destaque é, no entanto, que este crescimento não esteve atrelado apenas à aquisição de tratores novos. A composição do estoque ao longo dos anos permite observar quão velhos são os tratores brasileiros.

O baixo desempenho das vendas na década de 1990 (cerca de 20 mil tratores vendidos ao ano, em média), período de maior escassez de crédito, ocasionou a inexpressiva participação dos tratores com menos de dez anos de uso no estoque da década seguinte. O grande contingente de tratores comprados durante os

anos 1970 e 1980 passaram para as outras categorias, concentrando-se, em 2016, nas categorias de 20 a 35 anos e acima de 35 anos.

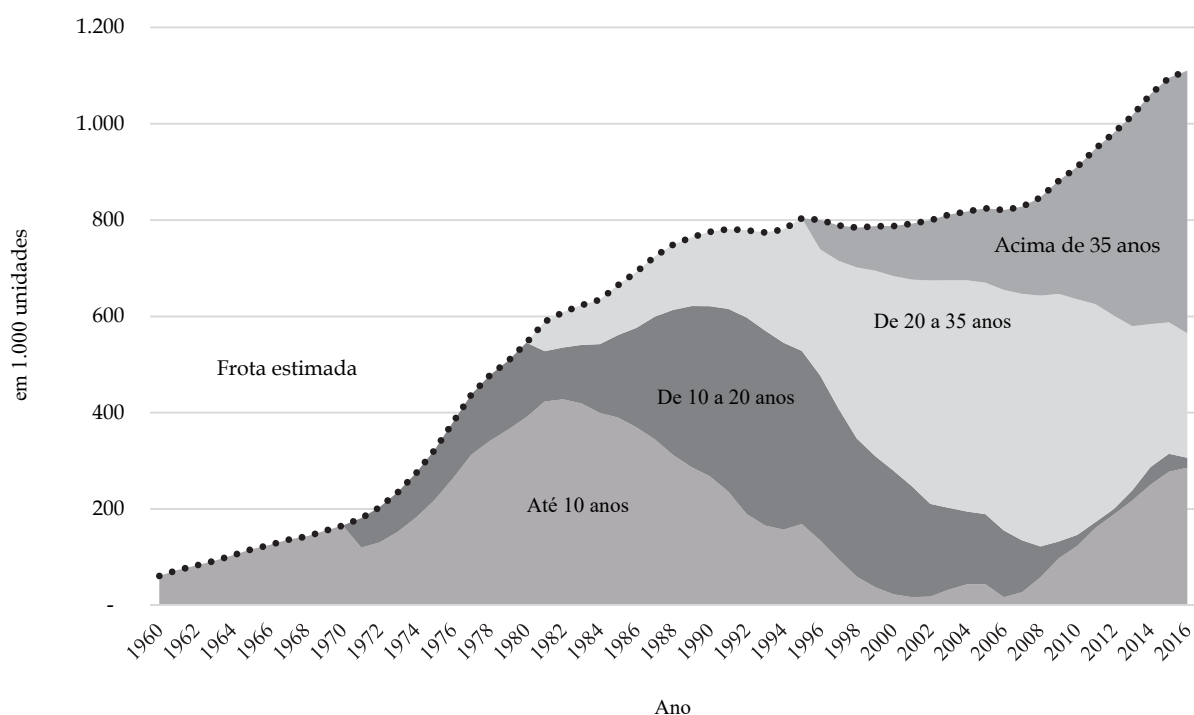
Apenas após 2006 os tratores novos voltaram a ganhar participação, impulsionada por um crescimento persistente das vendas no mesmo período. Ainda assim, seria necessária uma inserção muito maior de tratores novos na agricultura brasileira para se chegar a um estoque composto, majoritariamente, por tratores com tempo de uso inferior a 20 anos.

É importante enfatizar que a aquisição de tratores novos cresceu a taxas semelhantes às taxas de crescimento do número de tratores com mais de 35 anos de uso na última década. Isso implica que, mantendo-se constante a taxa de sucateamento, a composição do estoque brasileiro tende a permanecer a mesma na próxima década, com grande parte dos produtores brasileiros utilizando tratores com mais de 20 anos de uso.

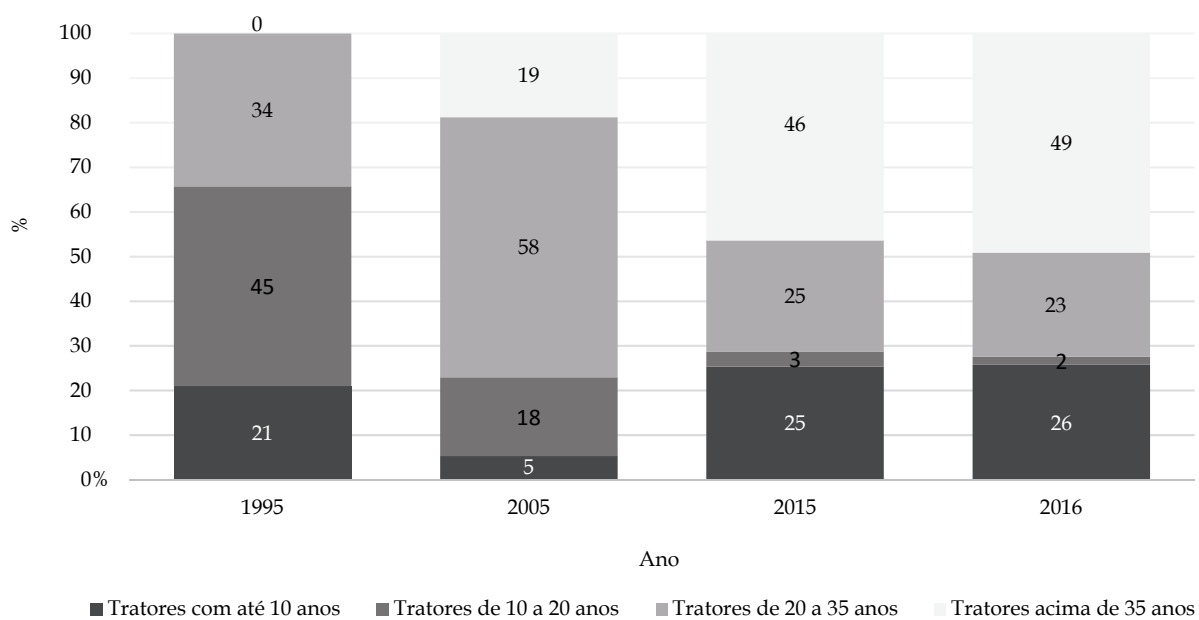
O principal motivo é que grande parte do estoque brasileiro é oriundo do surto de demanda do primeiro quinquênio dos anos 1970 e da segunda metade dos anos 1980. A figura 6 ilustra a participação das diversas classes de tempos de uso no estoque brasileiro.

Pode-se notar como se dá a transferência dos tratores entre as classes de tempo de uso e o consequente efeito do pequeno incremento de tratores novos na década de 1990, que reduziu expressivamente a participação dessa classe no estoque dos anos 2000. Para reverter a situação de envelhecimento do estoque é necessário que se mantenham altas e consistentes taxas de crescimento das vendas nos próximos anos, o que parece improvável, pois, ao contrário do estoque, estas apresentam um comportamento mais volátil, apresentando diversos períodos de crescimento negativo após os anos 2000.

Considerando-se que o crescimento da área agricultável tenha se mantido às taxas de 1975 a 2006 (1,5% a.a.) e a taxa média de renovação do estoque de 2,02% a.a., para que o Brasil atingisse, em dez anos, um índice de mecanização semelhante ao norte-americano ou ao europeu, as vendas deveriam crescer cerca de 26% a.a., quando, na realidade, cresceram cerca de 8,5% a.a. após 2006.



**Figura 5** - Estoque de Tratores por Tempo de Uso, Brasil, 1960 a 2015.  
Fonte: Dados da pesquisa.



**Figura 6** - Decomposição do Estoque em Classes de Tempo de Uso, Brasil, 1995, 2005, 2015 e 2016.  
Fonte: Dados da pesquisa.

## 6 - CONCLUSÃO

A agricultura brasileira conta, a cada dia, com novas máquinas e ferramentas que auxiliam o trabalho no campo. Este conjunto de equipamentos é capaz de modernizar o processo agrícola e aumentar a eficiência produtiva. No entanto, o Brasil ainda está aquém do observado nos países desenvolvidos ou mesmo nos países que apresentaram rápido crescimento nos últimos anos. Para reduzir esse diferencial de mecanização entre o Brasil e países como França, Alemanha e Espanha, o estoque brasileiro precisa crescer a taxas bastante elevadas na próxima década.

Dadas todas as crises que o Brasil enfrentou desde os anos 1960 e as consequentes restrições de crédito para investimento, percebe-se que o produtor rural adotou a estratégia de expandir ao máximo o tempo de uso de suas máquinas, mesmo com a perda de eficiência operacional atrelada a essa estratégia. Isso é refletido nas taxas de renovação do estoque, que não superam os 3% ao ano ao longo de todo o período analisado. O cálculo dessas taxas permitiu estimar uma série anual do estoque brasileiro de tratores, que pode ser utilizada em pesquisas futuras que dependam de alguma quantificação relativamente contínua dos bens de capital utilizados na agricultura, e eliminar a discrepância de informações entre os dados oficiais e as estimativas existentes até então.

O estoque brasileiro é composto por uma parcela muito grande de tratores que operam além da vida útil recomendada. Quase metade do estoque de tratores estimado para 2016 possui mais de 35 anos de uso e apenas 26% tem menos de dez anos. Isso reflete uma perda muito grande de eficiência operacional, seja pelo desgaste físico que essas máquinas sofreram ao longo de todo esse período, seja pelo atraso tecnológico com relação ao maquinário utilizado nos países desenvolvidos.

Como principal limitação do trabalho, pode-se destacar a falta de informações para uma análise regionalizada. Os dados de estoque de tratores disponibilizados nos Censos Agropecuários possuem uma desagregação por Unidade da Federação desde os anos 1960, porém, os dados de vendas de tratores nacionais

e importados referem-se apenas ao Brasil, de forma agregada. Esses dados são disponibilizados, sob requisição, pela ANFAVEA, com desagregação suficiente para tal análise; todavia, a associação possui a série histórica que compreende apenas o período entre 2000 e 2016, o que inviabilizou uma abordagem regionalizada.

Por fim, como agenda de pesquisa, levanta-se a hipótese da existência de um mercado expressivo de tratores usados no Brasil e sugere-se um entendimento aprofundado deste tema. Espera-se que os produtores mais capitalizados procurem seguir a vida útil economicamente viável do maquinário e, posteriormente, revendê-lo aos produtores menos capitalizados, que possuem maiores restrições de acesso ao crédito para investimento e, portanto, menores condições de aquisição de maquinário novo e moderno.

## LITERATURA CITADA

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE VEÍCULOS AUTOMOTORES - ANFAVEA. **Anuário da indústria automobilística brasileira 2006**. São Paulo: ANFAVEA, 2007. Disponível em: <<http://www.anfavea.com.br/anuario.html>>. Acesso em: 3 jan. 2017.

\_\_\_\_\_. **Anuário da indústria automobilística brasileira 2015**. São Paulo: ANFAVEA, 2016. Disponível em: <<http://www.anfavea.com.br/anuario.html>>. Acesso em: 3 jan. 2017.

\_\_\_\_\_. **Base de dados estatísticos**. São Paulo: ANFAVEA, 2015. Disponível em: <http://www.anfavea.com.br/tabelas.html>>. Acesso em: 5 jan. 2017.

BACHA, C. J. C. **Economia e política agrícola no Brasil**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2012. 264 p.

BANCO CENTRAL DO BRASIL - BACEN. **Anuário estatístico do crédito rural**. Brasília: Bacen, 2015. Disponível em: <<https://www.bcb.gov.br/?REL-RURAL>>. Acesso em: 5 jan. 2017.

BARICELO, L. G. **A evolução diferenciada da indústria de máquinas agrícolas: um estudo sobre os casos norte-americano e brasileiro**. 2014. 142 p. Dissertação (Mestrado em Ciência), Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2014. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11132/tde-03022-015-63626/pt-br.php>>. Acesso em: 11 maio 2015.

- BARICELO, L. G.; BACHA, C. J. C. Oferta e demanda de máquinas agrícolas no Brasil. **Revista de Política Agrícola**, Brasília, ano 22, n. 4, p. 67-83, out./nov./dez. 2013.
- BARROS, G. S. C.; CAMARGO, E. J. J. D.; CARMO, A. J. B. Demanda de tratores. In: IPEA. **Relatório do estudo nacional de máquinas agrícolas**. Piracicaba: IPEA, 1979. 130 p.
- COSENTINO, R. M. A. **Modelo empírico de depreciação para tratores agrícolas de rodas**. 2004. 80 p. Dissertação (Mestrado), Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2004. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11148/tde-040320051623345/ptbr.p-hp>>. Acesso em: 26 mar. 2016.
- FERREIRA, M. J. B. **A indústria brasileira de tratores agrícolas e colheitadeiras**: as estratégias de suas empresas e o desenvolvimento de vantagens competitivas. 1995. 120 p. Dissertação (Mestrado em Economia), Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1995. Disponível em: <<http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?code=vtls000088820>>. Acesso em: 10 maio 2015.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO. **Banco de dados**. Roma: FAOSTAT, 2015. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/RM>>. Acesso em: 11 jan. 2017.
- FONSECA, M. G. D. **Concorrência e progresso técnico na indústria de máquinas para a agricultura**: um estudo sobre trajetórias tecnológicas. 1990. 249 p. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Economia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1990. Disponível em: <<http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?code=vtls000030122>>. Acesso em: 21 jan. 2015.
- GASQUES, J. G.; BASTOS, E. T.; BACCHI, M. R. P. **Produtividade e fontes de crescimento da agricultura**. Brasília: Nota Técnica Age/Mapa, 2009.
- GONÇALVES, E.; LEMOS, M. B.; FAJARDO, B. A. G. Padrões de inovação da indústria de bens de capital agrícola no Brasil. **Pesquisa e Debate**, São Paulo, v. 26, n. 1, p. 216-235, jan./mar. 2015. Disponível em: <<http://revistas.pucsp.br/index.php/rpe/article/view/17212>>. Acesso em: 11 jan. 2017.
- HELFAND, S. M.; MAGALHÃES, M. M.; RADA, N. E. **Brazil's agricultural total factor productivity growth by farm size**. Washington: Inter-American Development Bank, 2015.
- HOFFMANN, R. et al. **Administração da empresa agrícola**. 2. ed. São Paulo: Pioneira, 1978. 325 p.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Censo Agropecuário 2006**. Rio de Janeiro: IBGE, 2015. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl.asp?z=t&o=1&i=P&e=l&c=1033>>. Acesso em: 25 abr. 2015.
- INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA - IEA. **Banco de dados**. São Paulo: IEA, 2015. Disponível em: <<http://www.iea.sp.gov.br/out/bancodedados.html>>. Acesso em: 8 maio 2015.
- MOLINA JÚNIOR, W. F.; CANALE, A. C. Depreciação do trator agrícola no Brasil: valor corrente de mercado. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 18, n. 1, p. 59-65, set. 1998.
- MORAES, G. I.; VIAN, C. E. D. F. Venda de máquinas agrícolas, atividade econômica e crédito rural, resultados para o período 2003-2012. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 51, 2013, Belém. **Anais...** Brasília: Sober, 2013.
- NORONHA, J. F. **Projetos agropecuários**: administração financeira, orçamento e viabilidade econômica. São Paulo: Atlas, 1981. 274 p.
- OLIVEIRA, M. D. M. **Custo operacional e ponto de renovação de tratores agrícolas de pneus**: avaliação de uma frota. 2000. 148 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Área de concentração em Máquinas Agrícolas, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2000. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11148/tde-1032002-112718/pt-br.php>>. Acesso em: 12 abr. 2016.
- ROSEN, J. B. The gradient projection method for nonlinear programming. Part I: linear constraints. **Journal of the Society for Industrial and Applied Mathematics**, United States of America, Vol. 8, Issue 1, pp. 181-217, Mar. 1960.
- SALOMÃO, J. A. F. O Moderfrota e a política de modernização da agricultura brasileira. **Revista de Política Agrícola**, Brasília, v. 12, n. 1, p. 15-21, 2003.
- SILVA, R. P. **A indústria de máquinas agrícolas**: formação de um oligopólio, internacionalização e poder de mercado. 2015. 114 p. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Área de concentração em Economia Aplicada, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2015. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11132/tde-22042015-151830/pt-br.php>>. Acesso em: 15 abr. 2015.
- VIAN, C. E. F. et al. Origens, evolução e tendências da indústria de máquinas agrícolas. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, v. 51, n. 4, p. 719-744, out./dez. 2013.

Recebido em 17/01/2017. Liberado para publicação em 04/04/2017.



