

LUÍS ALBERTO CAMPOS SCHMIDT

**IMPACTOS ECONÔMICOS DA SAÚDE ANIMAL SOB A PERSPECTIVA DE
UM BEM PÚBLICO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Economia Aplicada para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

Orientador: Marcelo José Braga

**VIÇOSA – MINAS GERAIS
2020**

**Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Campus Viçosa**

T

S349i
2020

Schmidt, Luís Alberto Campos, 1988-
Impactos econômicos da saúde animal sob a perspectiva de
um bem público / Luís Alberto Campos Schmidt. – Viçosa, MG,
2020.
71 f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Inclui anexo.

Inclui apêndices.

Orientador: Marcelo José Braga.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f. 58-62.

1. Pecuária - Aspectos econômicos - Brasil. 2. Febre aftosa.
3. Saúde pública veterinária. 4. Entropia. I. Universidade Federal
de Viçosa. Departamento de Economia Rural. Programa de
Pós-Graduação em Economia Aplicada. II. Título.

CDD 22. ed. 338.10981

LUÍS ALBERTO CAMPOS SCHMIDT

**IMPACTOS ECONÔMICOS DA SAÚDE ANIMAL SOB A PERSPECTIVA DE
UM BEM PÚBLICO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Economia Aplicada, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 26 de fevereiro de 2020.

Assentimento:

Luís Alberto Campos Schmidt

Luís Alberto Campos Schmidt
Autor

Marcelo José Braga

Marcelo José Braga
Orientador

Para Erica

Agradecimentos

À minha esposa, Erica, por todos os esforços desprendidos para que esta dissertação de mestrado existisse. Desde seu incentivo inicial, ainda antes do ingresso no mestrado, foram anos de estudo e dedicação que exigiram muita paciência e parceria. Mudamos de Estado e construímos uma vida nova. Sem seu cuidado e compreensão, nada disso existiria e continuaria sendo apenas um sonho. Obrigado por me dar força e ânimo para bater minhas asas e irmos mais longe juntos.

Ao meus pais, por terem sempre se esforçado para que eu tivesse a melhor educação possível, formal e informal. Sem a base da minha formação, talvez não fosse possível chegar até aqui.

Aos amigos de São Paulo, que apesar da distância se mantiveram por perto. Aos amigos de Viçosa, que encontrei ao longo do mestrado, por todas as trocas de experiência e por todos os momentos de descontração.

Ao amigo Maicker Leite Bartz, por ter me acompanhado desde a concepção da ideia deste trabalho e por ter participado tantas vezes com discussões, explicações e sugestões.

Ao meu orientador, Marcelo José Braga, que apesar de tantas atribuições e responsabilidades sempre foi presente, prestativo e disponível para conversar e ajudar. Obrigado pela oportunidade de compartilhar seu tempo e sua experiência. Obrigado por nunca ter me entregado peixes de graça e sempre ter me incentivado a aprender a pescar.

Aos professores e aos servidores do Programa de Pós-Graduação em Economia Aplicada, do Departamento de Economia Rural, pela convivência e pelos ensinamentos durante o mestrado. Obrigado pelas sugestões e contribuições para a minha formação e para esta dissertação.

Ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico), pela bolsa de estudos concedida durante a realização do mestrado e que possibilitou a minha dedicação integral ao programa de pós-graduação.

Ao apoio financeiro da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de financiamento 001.

*“Not everything that can be counted counts and not everything that counts can be counted.”
(atribuída a Albert Einstein)*

Resumo

SCHMIDT, Luís Alberto Campos, M.Sc.. Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2020. **Impactos econômicos da saúde animal sob a perspectiva de um bem público.** Orientador: Marcelo José Braga.

A pecuária brasileira praticamente não sofreu restrições quanto à disponibilidade de terras para expandir sua produção, mas o desafio da pecuária brasileira foi o da produtividade. De acordo com estimativas da FAO, a baixa produtividade ocasionou perdas econômicas equivalentes a 35% da produção potencial dos países em desenvolvimento. Doenças animais transmissíveis, especialmente a febre aftosa, eram as causas mais importantes dessas perdas econômicas. A febre aftosa é uma doença altamente contagiosa que acomete bovinos e suínos e, em termos de impacto econômico, é provavelmente a doença mais importante do mundo. O alcance desses impactos vai além da redução da produção e da produtividade resultantes dos sintomas da doença, mas também está relacionado aos esforços e gastos dos serviços veterinários dos países e a restrições ao comércio doméstico e internacional de animais vivos e de seus produtos derivados. A erradicação da febre aftosa significa a conquista de um ambiente de prevalência de saúde animal. Nesta pesquisa, a saúde animal foi considerada um bem público. Essa pesquisa analisou e quantificou os impactos da erradicação da febre aftosa sobre as exportações de carne bovina e suína, além dos impactos sobre a geração de renda agrícola. Uma base de dados longitudinal para os anos de 1997 a 2016 foi construída com variáveis relacionadas à produção, produtividade, exportação e renda agropecuária do IBGE, Anualpec, CONAB e do portal Comex Stat. Por meio de um modelo econométrico de diferença em diferenças, estimou-se quais foram esses impactos em cada uma das situações em que um estado brasileiro obteve o reconhecimento internacional de erradicação da doença. Como procedimento econométrico adicional, os grupos de tratamento e contrafactual foram definidos com a estratégia de Balanceamento por Entropia. Com base nos resultados obtidos, pode ser concluído que a conquista de um *status* sanitário livre da febre aftosa não causou, necessariamente, crescimento nas exportações, aumento de preços dos produtos exportados ou maior renda. Posto de outra forma, a erradicação da febre aftosa é um fator necessário para o acesso aos mercados mais exigentes, mas não uma condição suficiente. Sugere-se que ações de vigilância sanitária sejam mantidas e que o cronograma de suspensão da vacinação contra a febre aftosa seja reavaliado pelas instituições responsáveis. Sugere-se, também, que políticas públicas adicionais podem levar a impactos socioeconômicos positivos e significativos quando somadas ao *status* sanitário do Brasil de livre de febre aftosa.

Palavras-chave: Impactos econômicos. Bem público. Economia da saúde animal. Febre aftosa. Diferenças em diferenças. Balanceamento por entropia.

Abstract

SCHMIDT, Luís Alberto Campos, M.Sc.. Universidade Federal de Viçosa, February, 2020. **Economic impacts of animal health from a public goods perspective.** Advisor: Marcelo José Braga.

While Brazilian livestock expansion faced virtually no constraints regarding land availability, it was constantly challenged by productivity factors. According to FAO estimates, low productivity was responsible for economic losses equivalent to 35% of emerging markets potential production. Infectious animal diseases, especially foot-and-mouth disease, accounted for the main causes of these economic losses. Foot-and-mouth disease is probably the most important animal pathology in the world in terms of economic impact. The scope of the disease goes beyond reducing the production caused by foot-and-mouth disease morbidity and mortality but is also related to the efforts and expenditures of veterinary services required by the disease, and restrictions on domestic and international trade in live animals and their by-products. The eradication of an epidemic disease means that a health environment is provided. This research presented the eradication of foot-and-mouth disease as a public good and investigated whether foot-and-mouth disease eradication caused positive impacts on beef and pork exports, as well as on agricultural income. A longitudinal database for the years 1997 to 2016 was built with variables related to production, productivity, exports and agricultural income from IBGE, Anualpec, CONAB and the Comex Stat portal. With a difference-in-differences approach, we estimated which were the mean impacts when a new state was recognized by the World Organisation for Animal Health as a disease-free area. We also paired treated and counterfactual groups using Entropy Balancing. Based on the results obtained, it can be concluded that the achievement of a sanitary status free from foot-and-mouth disease did not necessarily cause growth in exports, higher prices for exported products or higher income. Put another way, the eradication of foot-and-mouth disease is a necessary factor for access to the most demanding markets, but not a sufficient condition. We suggest surveillance actions to be maintained and that the schedule for suspension of foot-and-mouth disease vaccination be reassessed by the responsible institutions. We also suggest that additional public policies can lead to positive and significant socioeconomic impacts when added to Brazil's status of free of foot-and-mouth disease.

Keywords: Economic impacts. Public goods. Animal health economics. Foot-and-mouth disease. Difference in differences. Entropy balancing.

Lista de ilustrações

Figura 1 – Focos de febre aftosa no Brasil.	18
Figura 2 – Regiões da pecuária brasileira como determinantes da febre aftosa. . .	19
Figura 3 – Organização geográfica para zoonificação utilizada a partir de 2017. . .	23
Figura 4 – Benefícios econômicos medidos pelo nível de prejuízo evitado em função do controle ou erradicação.	35
Figura 5 – Modelo de custo-benefício para controle de doenças animais com custos iniciais positivos.	36
Figura 6 – Medida de externalidade para doenças animais altamente contagiosas. .	37
Figura 7 – Evolução do efetivo de bovinos nos 12 estados com rebanhos mais expressivos em 2016.	46
Figura 8 – Evolução do efetivo de suínos nos 12 estados com rebanhos mais expressivos em 2016.	47
Figura 9 – Evolução do volume das exportações de carne bovina nos principais estados exportadores.	48
Figura 10 – Evolução do volume das exportações de carne suína nos principais estados exportadores.	49

Lista de tabelas

Tabela 1 – Comissão de Coordenação dos Circuitos Pecuários (CCCP).	21
Tabela 2 – Evolução das zonas livres de Febre Aftosa no Brasil até 2005.	22
Tabela 3 – Evolução das zonas livres de Febre Aftosa no Brasil de 2007 a 2018. . .	23
Tabela 4 – Resumo da literatura empírica sobre impactos econômicos da febre aftosa.	26
Tabela 5 – Classificação técnica de serviços veterinários.	31
Tabela 6 – Classificação de serviços veterinários segundo os princípios de excludibi- lidade e rivalidade.	32
Tabela 7 – Lista das variáveis utilizadas na pesquisa.	45
Tabela 8 – Impactos da aquisição do <i>status</i> de livre de febre aftosa, com e sem prática de vacinação, sobre as exportações brasileiras de carne bovina.	51
Tabela 9 – Impactos da aquisição do <i>status</i> de livre de febre aftosa, com e sem prática de vacinação, sobre as exportações brasileiras de carne suína. .	52
Tabela 10 – Impactos da aquisição do <i>status</i> de livre de febre aftosa, com e sem prática de vacinação, sobre a renda agrícola.	53

Lista de abreviaturas e siglas

ADAPAR	Agência de Defesa Agropecuária do Paraná
AC	Acre
AL	Alagoas
AM	Amazonas
Anualpec	Anuário da Pecuária Brasileira
AP	Amapá
BA	Bahia
CCCP	Comissão de Coordenação dos Circuitos Pecuários
CE	Ceará
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
DF	Distrito Federal
EMTT	Efeito Médio do Tratamento sobre os Tratados
ES	Espírito Santo
FAO	Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura
GO	Goiás
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
MA	Maranhão
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
MDIC	Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços
MG	Minas Gerais
MS	Mato Grosso do Sul
MT	Mato Grosso
OIE	Organização Mundial da Saúde Animal
OMC	Organização Mundial do Comércio

PA	Pará
PB	Paraíba
PE	Pernambuco
PHEFA	Programa Hemisférico de Erradicação da Febre Aftosa
PI	Piauí
PIB	Produto Interno Bruto
PNCFA	Plano de Controle e Erradicação da Febre Aftosa
PNEFA	Programa Nacional de Erradicação da Febre Aftosa
PR	Paraná
PSM	Pareamento por Escore de Propensão
RJ	Rio de Janeiro
RN	Rio Grande do Norte
RO	Rondônia
RR	Roraima
RS	Rio Grande do Sul
SC	Santa Catarina
SDA	Secretaria de Defesa Agropecuária
SE	Sergipe
SIE	Sistemas de Inspeção Estadual
SIF	Sistemas de Inspeção Federal
SIM	Sistemas de Inspeção Municipal
SIZ	Sistema Nacional de Informação Zoossanitária
SP	São Paulo
SPS	Medidas Sanitárias e Fitosanitárias
SVO	Serviço Veterinário Oficial
TO	Tocantins
UF	Unidade da Federação

Sumário

1	Introdução	14
2	A Febre Aftosa no Brasil e a sua importância econômica	17
3	Referencial teórico	30
4	Metodologia	39
4.1	Estratégia empírica	39
4.2	Procedimentos econométricos	41
4.3	Base de dados	43
5	Resultados e discussão	46
5.1	Análise dos dados	46
5.2	Balanceamento por entropia	49
5.3	Impactos do reconhecimento da erradicação de febre aftosa no Brasil	50
5.3.1	Impacto sobre as exportações de carne bovina e sobre as exportações de carne suína	50
5.3.2	Impactos sobre a renda agrícola	52
5.4	Discussão	53
6	Conclusão	56
	REFERÊNCIAS	58
	APÊNDICES	63
	APÊNDICE A – PRODUTOS CONSIDERADOS NA CONSTRUÇÃO DAS VÁRIÁVEIS DE EXPORTAÇÃO DE CARNE BOVINA, CONFORME A NOMENCLATURA COMUM DO MERCOSUL (NCM).	64
	APÊNDICE B – PRODUTOS CONSIDERADOS NA CONSTRUÇÃO DAS VÁRIÁVEIS DE EXPORTAÇÃO DE CARNE SUÍNA, CONFORME A NOMENCLATURA COMUM DO MERCOSUL (NCM).	65

APÊNDICE C – BALANCEAMENTO POR ENTROPIA DO PRIMEIRO MOMENTO (MÉDIA) DAS VARIÁVEIS CONFORME A AQUISIÇÃO DO <i>STATUS</i> DE LIVRE DE FEBRE AFTOSA COM PRÁTICA DE VACINAÇÃO.	66
APÊNDICE D – BALANCEAMENTO POR ENTROPIA DO PRIMEIRO MOMENTO (MÉDIA) DAS VARIÁVEIS CONFORME A AQUISIÇÃO DO <i>STATUS</i> DE LIVRE DE FEBRE AFTOSA SEM PRÁTICA DE VACINAÇÃO.	68
ANEXOS	70
ANEXO A – MAPA DOS ECOSISTEMAS DE FEBRE AFTOSA NO BRASIL (1981).	71

1 Introdução

A expansão da produção pecuária brasileira praticamente não sofreu restrições quanto à disponibilidade de terras, de forma que o sistema produtivo que se estabeleceu predominantemente no país foi a pecuária extensiva, no qual os animais são criados soltos e ocupam grandes áreas de pastagem. O desafio da pecuária brasileira, contudo, foi o da produtividade. No início da década de 1980, embora possuísse o maior rebanho do continente, a produção de carne e de leite do Brasil era insuficiente para atender as necessidades nutricionais de toda a população. Essa baixa produtividade resultava, fundamentalmente, do uso inadequado e insuficiente da tecnologia disponível. A utilização tecnológica deficiente abrangia desde o manejo e melhoria de pastagens até a seleção genética, passando pelo controle de doenças. De acordo com estimativas da Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO), essa baixa produtividade ocasionou perdas econômicas equivalentes a 35% da produção potencial dos países em desenvolvimento. As doenças animais transmissíveis, especialmente a febre aftosa, eram as causas mais importantes dessas perdas econômicas (FAO, 1980 apud BRASIL, 1983).

A febre aftosa é uma doença altamente contagiosa e que acomete animais biungulados, ou seja, animais que possuem casco com duas unhas, como ruminantes domesticados e suínos, além de mais de 70 espécies selvagens¹ (ALEXANDERSEN et al., 2003). Epidemiologicamente, a doença é caracterizada por apresentar baixa mortalidade² e elevada morbidade³. Devido a suas características, James e Rushton (2002) afirmam que a febre aftosa é provavelmente a patologia animal mais importante do mundo, em termos de impacto econômico. O alcance desses impactos vai além da redução da produção e da produtividade resultantes dos sintomas da doença, mas também está relacionado aos esforços e gastos dos serviços veterinários dos países e a restrições ao comércio doméstico e internacional de animais vivos e de seus produtos derivados.

A patologia foi erradicada em praticamente todos os países desenvolvidos, mas ainda é presente na maior parte do mundo: os países que convivem permanentemente com a doença contém, conjuntamente, quase três quartos da população global (KNIGHT-JONES; RUSHTON, 2013). Apesar de a doença acometer todos os animais biungulados, os efeitos da febre aftosa são mais pronunciados nos sistemas produtivos de gado bovino e suíno, embora alguns sorotipos⁴ do vírus possam causar sintomas mais graves também em ovinos

¹ Embora abrangente entre espécies de animais, a febre aftosa não é uma zoonose, ou seja, não é uma doença transmissível para os seres humanos. O contato direto com animais contaminados não apresenta risco à saúde humana, assim como não há riscos de transmissão pelo contato com objetos infectados ou com alimentos contaminados. A febre aftosa não representa um problema de saúde pública.

² Mortalidade é uma taxa dada pela quantidade de animais mortos pela doença em relação aos animais infectados.

³ Morbidade ou morbilidade é uma taxa dada pela quantidade de animais infectados em relação à população total dos animais suscetíveis à doença.

⁴ Existem sete sorotipos de vírus de febre aftosa. No Brasil, os registros mais comuns foram dos sorotipos A, C e O, este último tendo sido responsável pelos últimos registros da doença.

e caprinos. Ainda, conforme [Oleksiewicz, Donaldson e Alexandersen \(2001\)](#) e [Farez e Morley \(1997\)](#), suínos são animais difíceis de serem imunizados contra a febre aftosa e são capazes de multiplicar o vírus rapidamente, de modo que seus produtos derivados apresentam riscos potenciais de introdução da doença em países que não a possuem.

Com a implementação de diversas políticas sanitárias, como o Programa Nacional de Erradicação da Febre Aftosa, o Brasil conseguiu controlar a doença e, em 2018, recebeu o reconhecimento internacional da sua erradicação. Com o controle de doenças infecciosas, utilização de tecnologias modernas, seleção genética e adoção de boas práticas de manejo, entre outros fatores, a produtividade da pecuária brasileira aumentou 176% entre 1990 e 2018. Além disso, o Brasil passou a ter o maior rebanho comercial bovino e se tornou o segundo maior consumidor e o primeiro exportador de carne bovina do mundo ([ABIEC, 2019](#)).

Além dos impactos negativos na produção e na produtividade da atividade pecuária, a febre aftosa também é responsável por causar interferências no comércio internacional. Em 1995, ano de criação da Organização Mundial do Comércio (OMC), a presença da doença foi inserida no Acordo de Medidas Sanitárias e Fitosanitárias como um fator impeditivo para o comércio entre alguns países. Com o acordo, no que se refere ao comércio internacional, o mundo ficou dividido entre países livres e países infectados. Com relação à febre aftosa, os países livres ainda foram divididos em duas categorias: livres com vacinação e livres sem vacinação. O Brasil foi classificado como um país com ocorrência de febre aftosa, isto é, como um país infectado. Para evitar a disseminação da doença, os países livres sem vacinação só podem realizar importações de produtos e subprodutos pecuários entre si. Por isso, a erradicação da febre aftosa também é importante para criar a possibilidade de acesso dos produtos brasileiros a novos mercados.

A literatura sobre a febre aftosa é, em sua maioria, composta de estudos veterinários qualitativos, assim como é o caso das pesquisas que buscam avaliar os programas de combate à doença ([LYRA, 2004](#); [MORAES; BRISOLA; GONÇALVES, 2017](#); [MORAES, 2018](#)). Com relação aos impactos econômicos, a maior parte das pesquisas disponíveis se concentrou na ocorrência de surtos da doença e nos prejuízos resultantes, por exemplo, sobre o turismo, a volatilidade de preços e as exportações. Trabalhos com esse objetivo de pesquisa incluem [Jarvis et al. \(2005\)](#), [Roh et al. \(2006\)](#), [Otuki, Weydmann e Seabra \(2009\)](#) e [Garcia et al. \(2015\)](#). Outra abordagem comum acerca dos impactos da febre aftosa é a projeção de impactos potenciais em função da ocorrência da doença, como em [Pendell et al. \(2007\)](#), [Carpenter et al. \(2011\)](#) e [Buetre et al. \(2013\)](#).

Essa pesquisa olhou para o problema sob outro prisma e trabalhou com a hipótese de que a eliminação da febre aftosa causou impactos positivos nas exportações brasileiras de carne e na renda agropecuária. Dada a hipótese, o objetivo geral desse trabalho é analisar os impactos da saúde animal sobre as exportações de carne bovina e suína e sobre

a renda dos estados. Para cumprir com o objetivo geral, três objetivos específicos guiaram a pesquisa, quais sejam: i) caracterizar e sintetizar a evolução das políticas de erradicação da febre aftosa no Brasil, ii) calcular o impacto da erradicação da febre aftosa sobre as exportações de carne e produtos derivados de bovinos e suínos, e iii) calcular o impacto sobre a renda agropecuária dos estados.

Esse trabalho tem o objetivo de complementar os estudos econômicos sobre a febre aftosa no Brasil e acrescenta uma nova visão sobre os impactos de uma doença animal na economia. Um diferencial desse trabalho é apresentar uma nova abordagem para o problema, que consiste em responder quais são os impactos econômicos da provisão da saúde animal, segundo a ótica de bem público, ao invés de inferir sobre os prejuízos da sua ocorrência. Como já constatado na literatura, esses prejuízos existem e são elevados. Contudo, buscou-se responder se há ganhos adicionais com a eliminação da doença, além de evitar esses prejuízos. Outro diferencial da dissertação foi a estratégia metodológica utilizada. Considerando que o fim da febre aftosa é resultado de um programa nacional do governo brasileiro, serão implementadas técnicas de avaliação de políticas públicas. Os resultados encontrados, ao ampliar a compreensão dos impactos da erradicação de uma doença, poderão integrar a tomada de decisão na criação de políticas voltadas para a saúde animal.

A pesquisa está organizada em cinco seções, a começar por essa introdução, onde também apresentamos e detalhamos o problema de pesquisa. A seção 3 traz o referencial teórico sobre o qual esse trabalho foi construído. Em seguida, na seção 4, a estratégia empírica, os procedimentos econométricos e a base de dados utilizados são apresentados. Na seção 5, apresentamos os resultados, os interpretamos e discutimos quais são as suas implicações práticas. A seção 6 conclui essa pesquisa.

2 A Febre Aftosa no Brasil e a sua importância econômica

A presença da febre aftosa em território brasileiro é muito antiga, sendo que os primeiros focos foram associados à importação de gado bovino da Europa. A inserção da doença no continente americano ocorreu na década de 1870 nos Estados Unidos, na Argentina, no Uruguai e no Paraguai. No Brasil, o primeiro relato de ocorrência de febre aftosa ocorreu 25 anos à frente, em 1895, em Uberaba, cidade localizada no oeste do estado de Minas Gerais. A cidade de Uberaba faz parte do chamado Triângulo Mineiro, uma das regiões mais ricas do estado e que tem a bovinocultura – tanto de corte quanto de leite – como uma de suas principais atividades econômicas. Pela vocação da região como produtora e distribuidora de alimentos, faz sentido que ela tenha sido a região de surgimento da febre aftosa no país (LYRA, 2004; NARANJO; COSIVI, 2013).

Após sua introdução, a febre aftosa se espalhou facilmente e se tornou endêmica-epidêmica⁵ em praticamente todas as regiões com população bovina concentrada. A rápida transmissão do vírus foi facilitada pela organização econômica da pecuária brasileira: um sistema de produção extensiva, com os animais criados soltos e ocupando grandes áreas de pastagem, e que acompanhava a expansão de fronteiras e a colonização de novos territórios (NARANJO; COSIVI, 2013; QUEIROZ, 2015). No entanto, apesar de a relação brasileira com a febre aftosa remontar ao final do século XIX e de o vírus ter se dispersado pelo país, a primeira tentativa de controle da doença aconteceu mais de 50 anos após o seu surgimento.

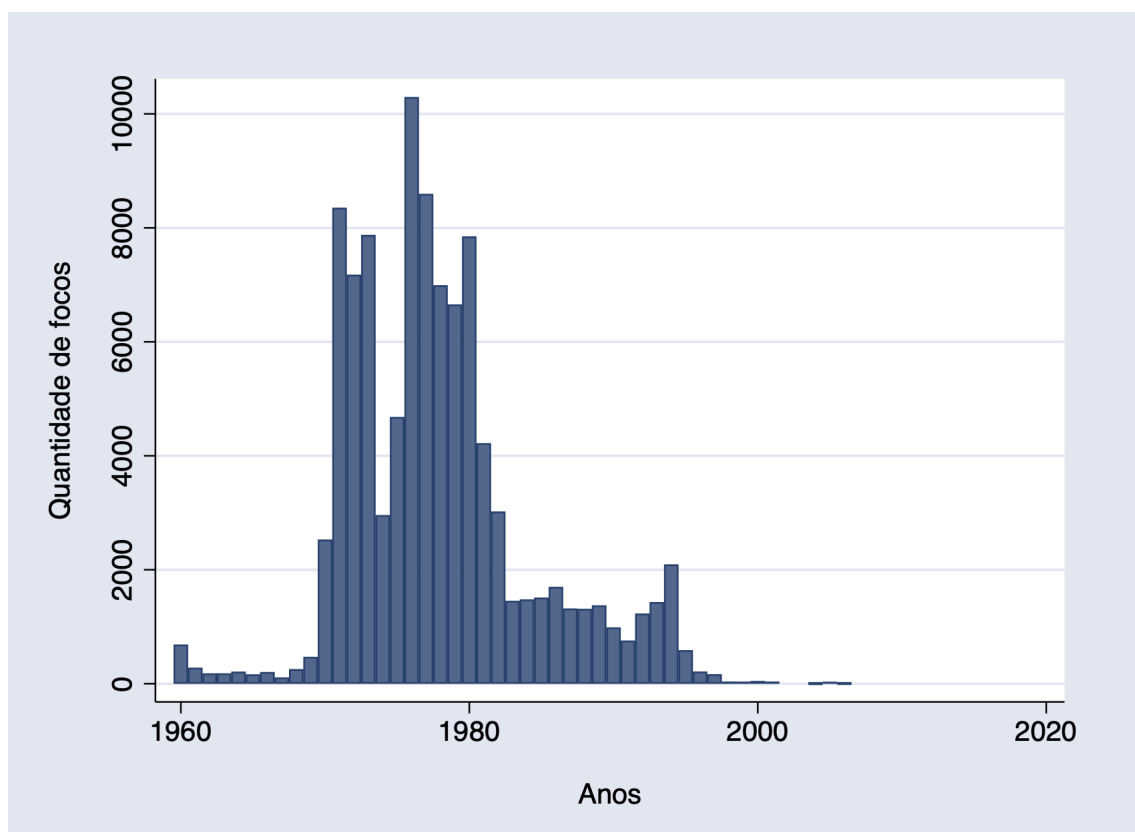
A I Conferência Nacional sobre Febre Aftosa ocorreu em 1950 e, segundo Moraes (2018), foi o primeiro marco institucional de intervenção organizada contra a febre aftosa. É interessante notar que a preocupação com os impactos econômicos da doença e suas implicações no comércio internacional já estavam presentes naquela época, quando o Brasil ainda não era um exportador relevante de carne para o mundo. Essa preocupação fica nítida em alguns trechos da mensagem inicial nos Anais da Conferência, por exemplo, a noção de que “a existência da febre aftosa cria situações desairosas para o Brasil, estabelecendo barreiras à exportação de produtos de origem animal para muitos estados livres dessa virose”. Também atual é a esperança e a expectativa de “poder ver um dia a febre aftosa extinta e as carnes congeladas do Brasil com entrada livre nos países que a recusam” (CONFERÊNCIA NACIONAL DE FEBRE AFTOSA, 1950 apud MORAES, 2018).

Apesar dos esforços realizados após a Conferência de 1950, o governo brasileiro não obteve sucesso em reduzir a ocorrência da febre aftosa nem de impedir a sua difusão para novos centros de exploração pecuária. Diversos fatores contribuíram para a dificuldade

⁵ As doenças são endêmicas quando a sua ocorrência em determinada área geográfica é relativamente estável e com incidência elevada. As doenças são epidêmicas quando se registra a ocorrência excessiva de casos em relação ao que seria considerado normal (BONITA; BEAGLEHOLE; KJELLSTRÖM, 2010). Neste contexto, a febre aftosa atingiu a condição de doença endêmica em algumas regiões e epidêmica em outras, além de também ter havido epidemias em regiões endêmicas.

do país em enfrentar a expansão da febre aftosa, quais sejam: insuficiência de dados primários, desconhecimento das principais caracterizações epidemiológicas da febre aftosa, falta de recursos para a continuidade de programas e ausência de uma estratégia clara de administração e atuação. Esses anos de tentativas frustradas permitiram que a ocorrência da doença se agravasse e atingisse patamares elevados (BRASIL, 1983). De acordo com os dados do Sistema Nacional de Informação Zoossanitária (SIZ) do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), apresentados na Figura 1, houve 2.748 focos de febre aftosa no Brasil na década de 1960. Nos anos de 1970, o número de focos cresceu para 66.114. Segundo Lyra (2004), contudo, esse crescimento pode ser parcialmente explicado pela implementação de um sistema de informações zoonosológicas mais apurado e abrangente.

Figura 1 – Focos de febre aftosa no Brasil.



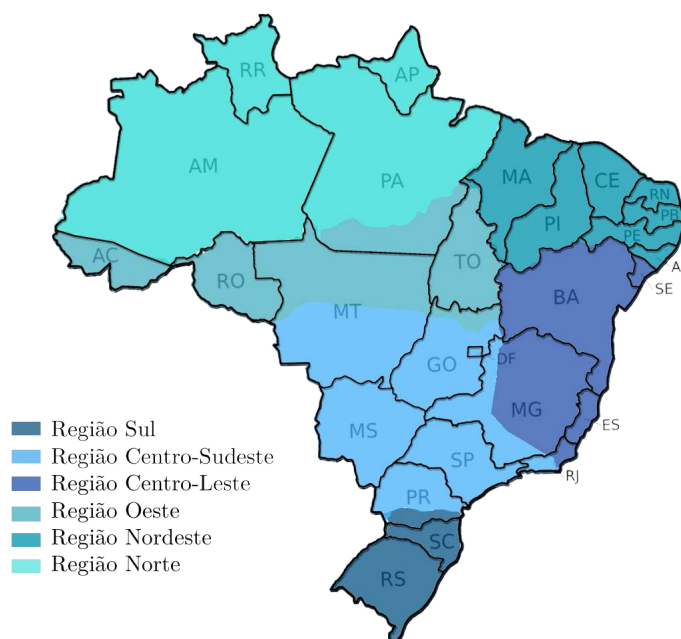
Fonte: Elaborado pelo autor com dados de MAPA (2019).

Em 1983, após o agravamento da situação da febre aftosa no Brasil, o Ministério da Agricultura implementou o Plano de Controle e Erradicação da Febre Aftosa (PNCFA), que estabeleceu metas e estratégias para o período de 1983 a 1987. O objetivo do PNCFA para o período era alcançar a ausência total de casos clínicos nos estados da região Sul do país, além da redução e controle efetivos nas demais regiões. O Plano foi elaborado com o propósito final de eliminar os efeitos da febre aftosa, fatores de interferência na produtividade pecuária e no comércio exterior de carnes, leite e outros produtos e

subprodutos de origem animal.

Diferentemente das estratégias sanitárias tradicionais observadas em programas anteriores, o PNCFA não buscou a diminuição uniforme da incidência da doença ou o seu combate homogêneo em termos geográficos. Ao contrário, o Plano definiu e agrupou geograficamente três modalidades de ocorrência – ou ecossistemas⁶ – da febre aftosa no Brasil. Além disso, o PNCFA também delimitou “ecossistemas” de produção pecuária, isto é, regiões relativamente independentes segundo sua organização econômica e comercial do gado de corte e de leite. Em termos operacionais, o país foi dividido nas seis regiões apresentadas na Figura 2. Para cada região foram estabelecidas metas específicas associadas às suas características (BRASIL, 1983). Assim, após a implementação do PNCFA, observou-se uma redução de 62% nos focos registrados nos anos 1980 em relação à década anterior, de 66.114 para 25.248 focos.

Figura 2 – Regiões da pecuária brasileira como determinantes da febre aftosa.



Fonte: Adaptado pelo autor de Brasil (1983).

Ao longo da década de 1980, o objetivo de erradicação da febre aftosa se expandiu por todo o continente americano e, em 1988, foi criado o Programa Hemisférico de Erradicação da Febre Aftosa (PHEFA). As diretrizes de atuação do programa foram estabelecidas pelo Plano de Ação 1988-2009, que definiu o objetivo de eliminar a febre

⁶ **Endêmico:** regiões de cria de gado de corte, com grandes rebanhos e predominância de matrizes, onde há exposição contínua ao vírus e manutenção do ciclo da doença. **Epiendêmico ou endêmico secundário:** regiões de engorda e terminação, nas quais a doença ocorre e se mantém pela entrada dos animais provenientes das áreas de cria. **Paraendêmica ou esporádica:** demais regiões de exploração leiteira ou explorações médias de ciclo completo onde a ocorrência da doença é ocasional. O mapa dos ecossistemas está disponível no Anexo A.

aftosa do continente até 2009. Embora a meta de erradicação da doença dentro do período estipulado não tenha sido alcançada, o PHEFA permitiu um grande progresso no controle da febre aftosa. Nos vinte anos de vigência do Plano, houve melhorias nos indicadores de produção animal e foram estabelecidas as bases sanitárias para apoiar o desenvolvimento do mercado exportador de carnes que crescia na região. Ainda, foi nesse período que a América do Sul se tornou a maior provedora de produtos cárneos do mundo. Mais especificamente, foi a partir dos anos 2000 que o Brasil conquistou o posto de maior exportador de carne bovina (NARANJO; COSIVI, 2013; QUEIROZ, 2015).

A escalada no combate contra a febre aftosa no Brasil não se deu somente sob as diretrizes do PHEFA. Em 1992, o governo brasileiro criou um Conselho Consultivo⁷ e constituiu um Grupo de Trabalho⁸ para rever as políticas e estabelecer novas estratégias para o programa de erradicação. Como resultado das reuniões realizadas pelo Grupo, ainda em 1992, foi publicada a “Revisão da política e estratégias de combate à febre aftosa implantadas pelo projeto de controle das doenças dos animais”, cujas normas foram aprovadas e oficializadas⁹ no ano seguinte (BRASIL, 1992; BRASIL, 1993).

Além de aprovar as normas para o combate à febre aftosa, a Portaria nº 121/1993 também proibiu a entrada de bovinos e bubalinos sem a documentação sanitária adequada nos estabelecimentos de abate das áreas incluídas no Programa. Decidiu, também, que os laticínios só poderiam receber leite *in natura* de estabelecimentos de criação cujos proprietários comprovassem a vacinação regular e o controle sanitário de seus rebanhos. Por último, mas não menos importante, foi instaurada uma fiscalização regionalizada, uma vez que a competência e a execução das atividades de fiscalização foi delegada aos Secretários de Agricultura ou autoridades sanitárias competentes nos estados, nos municípios e no Distrito Federal.

Conforme sintetizado por Moraes (2018), a Revisão de 1992 foi fundamentada, principalmente, em três premissas: i) ratificação do objetivo de erradicação da doença, ii) substituição da estratégia de atuação por estados pela intervenção por circuitos pecuários, e iii) maior envolvimento de toda a cadeia produtiva nas etapas de intervenção. Os circuitos pecuários, assim como havia sido feito com a divisão regional no PNCFA, foram delimitados conforme o fluxo de trânsito animal, o grau de conhecimento dos profissionais e produtores das locais e a predominância dos sistemas produtivos em cada região. Diferentemente do PNCFA, contudo, a Revisão definiu somente as três principais regiões produtoras: Sul, Centro-Oeste e Leste. Os estados do Ceará, Pernambuco, Sergipe e Roraima também foram incluídos no programa, mas sem uma delimitação espacial específica. Os demais estados do Norte e Nordeste foram sendo incluídos nos anos posteriores conforme o programa

⁷ Conselho Consultivo do Projeto de Controle das Doenças dos Animais, criado pela Portaria nº 182 de 16 de julho de 1992.

⁸ Criado pela Portaria nº 68 de 22 de julho de 1992.

⁹ Normas aprovadas pela Portaria nº 121, de 29 de março de 1993.

amadurecia e avançava.

Para garantir que as metas e estratégias específicas para cada região fossem seguidas e cumpridas, o Ministério da Agricultura criou, em 1994, uma Comissão de Coordenação dos Circuitos Pecuários (CCCP)¹⁰ com a atribuição de harmonizar e coordenar as ações dos órgãos públicos e privados envolvidos no controle e erradicação da febre aftosa. Além disso, o nome do programa revisado em 1992 foi formalizado como Programa Nacional de Erradicação da Febre Aftosa (PNEFA). As comissões responsáveis por cada circuito pecuário, assim como os estados que as compõem, estão relacionadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Comissão de Coordenação dos Circuitos Pecuários (CCCP).

Circuitos pecuários	Estados integrantes de cada comissão
Sul	Rio Grande do Sul, Santa Catarina e sul do Paraná
Centro-Oeste	Mato Grosso do Sul, Goiás, Tocantins, São Paulo, Mato Grosso, noroeste do Paraná, Triângulo Mineiro e noroeste de Minas Gerais
Leste	Rio de Janeiro, Espírito Santo, Bahia e Minas Gerais (exceto Triângulo Mineiro e noroeste do estado)

Fonte: Brasil (1994)

Os programas de combate à febre aftosa sempre foram elaborados com vistas às relações comerciais com outros países, mas foi a partir de 1992, com a revisão das políticas e implementação do PNEFA, que o programa brasileiro passou a se enquadrar efetivamente a diretrizes internacionais. Em 1992, meses antes da publicação da Revisão, a Organização Mundial da Saúde Animal (OIE¹¹) lançou a 6ª edição do seu Código de Saúde Animal Terrestre, no qual foram incluídos os conceitos de zonificação e regionalização sanitárias. Em 1995, esses novos conceitos foram reforçados com a aprovação do Acordo de Medidas Sanitárias e Fitosanitárias (SPS¹²) pela Organização Mundial do Comércio (OMC). No Acordo, os conceitos de zonificação constam como princípios técnicos e científicos para nortear o comércio entre os países (OMC, 1995). As zonas, que representam uma região delimitada dentro de um país com condições sanitárias particular, podem ser, principalmente: i) zona livre com vacinação, ii) zona livre sem vacinação e iii) zona infectada (OIE, 2019).

Segundo Moraes, Brisola e Gonçalves (2017), a estratégia de regionalização das ações adotada pelo PNEFA implicou na adoção de medidas restritivas de comercialização da atividade pecuária entre os estados e, eventualmente, até mesmo dentro dos limites

¹⁰ Criada pela Portaria nº 194, de 29 de novembro de 1994.

¹¹ A sigla OIE continua sendo utilizada para denotar a Organização Mundial da Saúde Animal, embora ela se refira ao antigo nome da instituição: *Office International des Epizooties*.

¹² Do inglês, Sanitary and Phytosanitary Measures.

estaduais. A regionalização efetiva adotada pelo PNEFA e a criação das CCCP permitiu a implantação gradativa de zonas livres da doença. O primeiro resultado veio em 1998, quando os estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul, na época representantes de 8% da população bovina nacional, foram reconhecidos internacionalmente como zona livre de febre aftosa com vacinação. Conforme sintetizado na Tabela 2, o processo de ampliação da zona livre ocorreu paulatinamente, mas sofreu com reintroduções pontuais do vírus da febre aftosa: em 2000 e em 2001, foram registrados focos no Rio Grande do Sul e, em 2005, no Mato Grosso do Sul e no Paraná (BRASIL, 2007b). A ocorrência da doença nesses anos levaram à suspensão temporária da condição sanitária de diversos estados.

Tabela 2 – Evolução das zonas livres de Febre Aftosa no Brasil até 2005.

Ano	Tipo da notificação	Estados envolvidos
1998	Reconhecimento de zona livre com vacinação	RS e SC
2000	Reconhecimento de zona livre com vacinação	PR e DF, parte de GO, MT, MG e SP
2000	Suspensão de zona livre com vacinação	RS e SC
2001	Reconhecimento de zona livre com vacinação	BA, ES, MS, RJ, SE, TO, MT, MG, SP e parte de GO
2002	Restituição de zona livre com vacinação	RS e SC
2003	Reconhecimento de zona livre com vacinação	RO
2005	Reconhecimento de zona livre com vacinação	AC e parte de AM
2005	Suspensão de zona livre com vacinação	MS, PR, BA, DF, ES, GO, MT, MG, RJ, SP, SE e TO

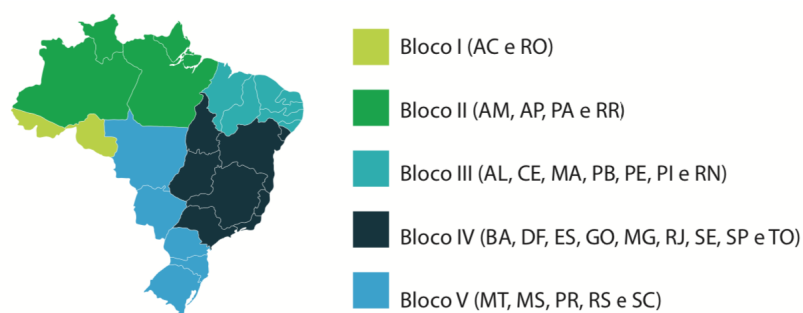
Fonte: Brasil (2007b)

Em 2007, muito em função da reintrodução do vírus no Brasil e em países vizinhos, como a Argentina e Uruguai, foi publicada uma nova revisão das normas internas do PNEFA (BRASIL, 2007a). Além de aprovar as novas diretrizes do PNEFA, o documento também atualizou e unificou as normas sobre a luta contra a doença que estavam distribuídas em inúmeros atos administrativos. Entre estas atualizações, pode-se destacar a reafirmação sobre a adequação do Programa às regras estabelecidas por órgãos e instituições internacionais, como a OIE, e a inserção dos seus objetivos no PHEFA.

No contexto internacional, em 2010, os países sulamericanos elaboraram o Plano de Ação 2011–2020 do PHEFA, uma vez que o objetivo de eliminação do vírus no continente sulamericano até 2009 não foi alcançado. A meta de erradicação da febre aftosa foi postergada, então, para 2020. Em 2015, foi disponibilizado o “Guia técnico de trabalho para a última etapa do PHEFA”, que contemplava a implantação e manutenção de zonas livres de febre aftosa e a suspensão gradativa da vacinação.

Em linha com o Guia, o MAPA internalizou as recomendações e lançou um novo programa em 2017, o Plano Estratégico 2017–2026. O objetivo geral do Plano era “criar e manter condições sustentáveis para garantir o status de país livre da febre aftosa e ampliar as zonas livres sem vacinação, protegendo o patrimônio pecuário nacional e gerando o máximo de benefícios aos atores envolvidos e à sociedade brasileira” (BRASIL, 2017). Dentre as atualizações apresentadas no Plano, uma das mais estratégicas foi a reorganização regional em cinco blocos, conforme apresentado na Figura 3.

Figura 3 – Organização geográfica para zoonificação utilizada a partir de 2017.



Fonte: Brasil (2017)

Em 2018, o objetivo de erradicação da doença finalmente foi alcançado quando a OIE reconheceu como livres de febre aftosa as últimas regiões do país. A evolução das zonas livres a partir de 2007, conforme as notificações da OIE, estão apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3 – Evolução das zonas livres de Febre Aftosa no Brasil de 2007 a 2018.

Ano	Tipo da notificação	Estados envolvidos
2007	Reconhecimento de zona livre com vacinação	parte do PA
2007	Reconhecimento de zona livre sem vacinação	SC
2008	Restituição de zona livre com vacinação	Restituição completa das áreas suspensas
2014	Reconhecimento de zona livre com vacinação	AL, CE, MA, PB, PE, PI, RN e parte do PA
2018	Reconhecimento de zona livre com vacinação	AP, RO, AM, PA

Fonte: Brasil (2018)

Como apresentado nessa síntese histórica da luta contra a febre aftosa, o Brasil dedicou quase 70 anos para concretizar a eliminação do vírus da febre aftosa, desde a I Conferência em 1950 até o último reconhecimento de zona livre em 2018. A partir dessa data, o objetivo passou a ser o de transição de *status* sanitário para país livre de febre aftosa sem

vacinação. O controle e erradicação da doença causou diversos impactos ao longo do tempo. Foi necessário adaptar a organização econômica e social da atividade agropecuária para que todas as etapas do PNCFA e PNEFA fossem cumpridas. Além das diferentes fases de cada política, o sucesso da luta contra a febre aftosa também foi postergado por condições macroeconômicas adversas em vários momentos. Nesse período, o Brasil precisou lidar com a enfermidade, que interferiu negativamente na produção e na produtividade animal, na comercialização de seus produtos e subprodutos, e no desenvolvimento econômico-social. Por suas características e pelo longo período de convivência com a doença, a febre aftosa foi tema de diversos estudos no Brasil.

Faria, Burnquist et al. (2006) avaliaram os impactos da febre aftosa no setor de abate de animais. Tendo como pano de fundo o surgimento da febre aftosa nos estados do Mato Grosso do Sul e Paraná em 2005, O trabalho estimou o impacto de uma redução nas exportações de carne bovina resultantes de embargos comerciais feitos por 52 países comprados de carne brasileira. No modelo com fechamento de curto prazo, isto é, um modelo com estoque de capital fixo, e considerando uma redução de 5% nas exportações, estimou-se quedas de 0,306% na produção do setor de abate de animais e de 0,749% no emprego setorial. No longo prazo, a queda na produção e no emprego do setor foram de 0,388% e 0,384%, respectivamente. Também com relação ao surto de 2005, Otuki, Weydmann e Seabra (2009) investigaram a presença de volatilidade dos preços pagos ao produtor da carne suína após o aparecimento da enfermidade em 2005. Os resultados do artigo indicaram que os focos de aftosa ocorridos no Brasil tiveram impacto no aumento da volatilidade dos preços recebidos pelos produtores da carne suína tanto na média de preços do Brasil quanto na de Chapecó, em Santa Catarina. Ainda, Garcia et al. (2015) fizeram uma análise qualitativa dos impactos imediatos do reaparecimento da febre aftosa em 2005 nas exportações de carne bovina *in natura* do Brasil e dos estados do Mato Grosso do Sul e do Paraná. O estudo observou que o surto de 2005 não impediu o aumento das exportações brasileiras, mas levou à queda nas exportações dos dois estados diretamente afetados pela doença.

Em contrapartida, apesar de ajudar a evitar os surtos da doença, a vacinação contra a febre aftosa também pode implicar perdas econômicas para a indústria. Além dos custos de manejo sanitário, contratação de veterinários e compra das vacinas, o procedimento pode causar reações granulomatosas e abscessos vacinais¹³ e acarretar em prejuízos financeiros para o pecuarista e para o frigorífico, além de resultar em porções cárneas descartadas e impróprias para o consumo. George et al. (1995) realizaram uma estimativa das perdas por lesões vacinais nos Estados Unidos e examinou os cortes traseiros de 19.002 carcaças de

¹³ Reações granulomatosas geram pequenos nódulos inflamatórios (granulomas) para isolar bactérias, fungos ou substâncias estranhas ao organismo. Abscessos são pontos de acúmulo de pus geralmente causados por infecção bacteriana. Ambos são mecanismos de defesa do sistema imunológico do animal em resposta à aplicação da vacina.

bovinos. Foi identificada a incidência de 9,74% de lesões e a perda média após a toaleta¹⁴ das carcaças foi de 0,211 kg por animal. No Brasil, alguns estudos encontraram resultados semelhantes. [Filho et al. \(2006\)](#) realizaram coletas de 2.662 bovinos em um frigorífico apto a exportação em Goiás e observaram uma média de 0,231 kg de porções excisadas em decorrência dos abscessos. [Assis et al. \(2011\)](#) realizaram o mesmo estudo com 13.000 carcaças bovinas em um abatedouro apto a exportação da região de Barretos (São Paulo). Os resultados indicaram para uma média de 0,220 kg de músculo descartado pelo frigorífico após a toaleta das carcaças. A perda por abscessos pode ser ainda mais acentuada em situações onde há aplicação de forma inadequada ou ocorrência de reações granulomatosas exacerbadas às vacinas, situações nas quais a perda média por animal pode chegar a 2,0 kg ([LEAL et al., 2014](#)).

Um resumo dos trabalhos empíricos sobre a febre aftosa e os seus impactos socioeconômicos, publicados nos últimos 20 anos, pode ser consultado na Tabela 4. A literatura se concentrou nos impactos da febre aftosa sob a perspectiva de surtos da doença e dos prejuízos decorrentes de sua ocorrência.

¹⁴ Toaleta é o termo técnico utilizado para designar a limpeza da carcaça feita pelo frigorífico após o abate do animal.

Tabela 4 – Resumo da literatura empírica sobre impactos econômicos da febre aftosa.

Autores	Objetivo	Principais resultados
Ekboir et al. (2002)	Analisar as alterações no comércio internacional de carne após o reconhecimento de país livre de febre aftosa concedidos para o Uruguai (1996) e Argentina (2000).	As variações de preço e quantidade da carne no mercado internacional foram muito diferentes entre os 10 cenários estabelecidos. No mais factível, o o preço de equilíbrio de longo prazo dos países não livres é 8% maior do que no ano base (1994) e, nos países livres, 31% menor.
Paarlberg, Lee e Seitzinger (2002)	Estimar os impactos na receita dos Estados Unidos caso ocorresse um surto de febre aftosa semelhante ao que ocorreu no Reino Unido em 2001.	Os maiores impactos na renda dos produtores ocorreram em função da redução das exportações e da queda do consumo doméstico e não do abate de animais infectados. A perda de receita estimada foi de US\$ 14 bilhões (9,5%).
Blake, Sinclair e Sugiyarto (2003)	Quantificar os efeitos do surto de febre aftosa ocorrido no Reino Unido em 2001 sobre os diversos setores da economia, em especial o de turismo.	A redução da receita total do setor de turismo em decorrência da febre aftosa foi de aproximadamente GBP 7,7 bilhões. Foi estimado que a redução das despesas em turismo levou a uma queda de GBP 2 bilhões no PIB. A queda total do PIB em função da febre aftosa foi estimada em GBP 3,6 bilhões.
Jarvis et al. (2005)	Analisar o efeito da erradicação da febre aftosa no mercado internacional de carne entre 1990-2002.	Foram estimados aumentos no preço das exportações de carne bovina associados à erradicação da febre aftosa. No Brasil, os ganhos foram de 4% e 19% nos preços de carne sem osso resfriada e congelada, respectivamente. Para os mesmos cortes, os ganhos nos preços das exportações do Uruguai foram de 5% e 9%. Esses valores foram mais baixos do que o esperado.
Faria, Burnquist et al. (2006)	Avaliar o impacto dos embargos comerciais sobre o setor de abate de animais após o surto de febre aftosa no Mato Grosso	No curto prazo, uma redução de 5% nas exportações causaria quedas de 0,75% no emprego setorial e de 0,31% na produção. No longo prazo,

Tabela 4 – Continuação.

Autores	Objetivo	Principais resultados
	e no Paraná, em 2005.	as quedas foram estimadas em 0,38% no emprego, 0,39% na produção e 0,39% no estoque de capital.
Filho et al. (2006)	Quantificar a perda econômica causada por abscessos vacinais em abates de bovinos em municípios de Goiás em 2002.	Verificou-se perda média de 0,195 kg de carne por carcaça e de R\$ 0,54 por animal em decorrência de abscessos vacinais.
Roh et al. (2006)	Investigar os impactos nos preços de suínos e bovinos de dois surtos de febre aftosa, em 2000 e 2002, na Coreia.	Os impactos nos preços foram maiores no surto de 2000 (queda de 20% e retorno à média após 30 dias) do que no de 2002 (queda menor e persistência mais curta), tendo sido mais fortes nos preços de suínos do que de bovinos. Os resultados indicaram que os preços caíram significativamente após os surtos e que a volatilidade aumentou.
Pendell et al. (2007)	Estimar os impactos econômicos de um surto de febre aftosa na região sudoeste de Kansas, nos Estados Unidos, de acordo com três cenários: 1 - introdução em uma única propriedade leiteira, 2 - introdução em um único confinamento de porte médio e 3 - introdução simultânea em cinco confinamentos de grande porte).	No cenário 1, estimou-se a destruição de 126 mil animais, duração do surto de 29 dias e perda de US\$ 43 milhões para a cadeia produtiva. No cenário 2, as estimativas foram de destruição de 407 mil animais, surto de 39 dias e prejuízo de US\$ 166 milhões. Já no terceiro cenário, os resultados foram o abate de 1,68 milhões de animais, 89 dias de surto e perda econômica de US\$ 728 milhões.
Otuki, Weydmann e Seabra (2009)	Investigar a presença de volatilidade nos preços pagos ao produtor de carne suína durante os focos de febre aftosa em 2004 e 2005.	Foi detectado um aumento na volatilidade dos preços após o surgimento da febre aftosa tanto em Chapecó (SC) quanto na média do Brasil. O impacto nos preços de SC foi três vezes maior do que na média nacional.
Assis et al. (2011)	Verificar as perdas diretas decorrentes de abscessos vacinais no abate de bovinos em SP, MG, MS e GO em 2009.	A perda média foi de 0,846 kg de carne por carcaça dentre os animais com abscessos e de 0,220 kg por carcaça considerando o total de animais

Tabela 4 – Continuação.

Autores	Objetivo	Principais resultados
		avaliados. A perda do frigorífico chegou a R\$ 15.887,45, e os produtores deixaram de receber o equivalente a R\$ 14.662,24.
Carpenter et al. (2011)	Estimar os impactos econômicos e epidemiológicos da detecção tardia de uma hipotética ocorrência de febre aftosa na Califórnia.	Com cenários entre 7 dias e 22 dias até a detecção da doença, os resultados indicaram prejuízos de US\$ 2,3 bilhões a US\$ 69 bilhões no excedente da atividade agrícola total dos Estados Unidos.
Buetre et al. (2013)	Avalia potenciais impactos socioeconômicos da ocorrência de febre aftosa na Austrália.	Os principais impactos da febre aftosa para a cadeia produtiva ocorreriam por meio do embargo às exportações. Nas simulações de dois pequenos surtos em Queensland e Victoria, os prejuízos variam entre 5,6 e 6,2 bilhões de dólares australianos ao longo de 10 anos. Na simulação de grandes surtos em vários estados do país, esses prejuízos foram estimados entre 49,3 e 51,8 bilhões de dólares australianos.
Leal et al. (2014)	Estimar as perdas econômicas por reação granulomatosa após vacinação contra febre aftosa em uma propriedade no MS em 2012.	A perda foi de 1,8 a 2,0 kg de carne por carcaça, que acarretou em prejuízo de R\$ 20.424,00.
Garcia et al. (2015)	Investigar os impactos da febre aftosa nas exportações de carne bovina <i>in natura</i> do Brasil após o surto de 2005.	O surto não impediu o aumento das exportações de carne bovina <i>in natura</i> do Brasil, mas impactou negativamente as exportações do Mato Grosso do Sul e Paraná.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Como pode ser observado na Tabela 4, os trabalhos que estudam impactos da febre aftosa se concentram nos prejuízos ocasionados pela sua ocorrência. Embora alguns dos trabalhos avaliem impactos macroeconômicos advindos de surtos da doença, uma parte dos estudos está voltado a impactos veterinários ou prejuízos ao nível da indústria. Independentemente do foco dos artigos apresentados, todos apontam impactos negativos da ocorrência da febre aftosa. Contudo, não foram encontrados trabalhos que investigaram os benefícios econômicos da erradicação da doença, como é a proposta desta pesquisa.

3 Referencial teórico

A pesquisa sobre os impactos econômicos da erradicação da febre aftosa no Brasil será realizada dentro do arcabouço teórico de bens públicos. Segundo [Stiglitz \(2000, cap. 6, p. 128\)](#), a distinção de bens públicos e bens privados ocorre a partir de duas questões: (i) se o bem possui a propriedade de rivalidade e (ii) se é possível excluir qualquer indivíduo do benefício do consumo do bem. O princípio de não-rivalidade de consumo se refere ao caso em que a utilização de um bem por um indivíduo não impede o consumo dos outros. Já a segunda pergunta se refere ao princípio de não-excludibilidade. Um dos exemplos oferecidos por [Stiglitz \(2000, cap. 6, p. 128\)](#) é o da iluminação de um farol: nenhuma embarcação pode ser excluída do benefício de um farol ao passar por ele, assim como a disponibilidade de luz não se reduz conforme um ou mais navios se beneficiam dela. Assim, bens para os quais se aplica a não-rivalidade no consumo e impossibilidade de exclusão de indivíduos do seu consumo são chamados bens puramente públicos, enquanto os que não compartilham destas características são chamados bens privados.

Formalmente, conforme apresentado por [Samuelson \(1954\)](#), uma cesta de bens privados $X_p = (x_1, \dots, x_n)$ pode ser repartida entre diferentes indivíduos $i = (1, 2, \dots, s)$ de acordo com a relação

$$X_p = \sum_{i=1}^s X_p^i$$

enquanto que uma cesta de bens de consumo coletivo $X_c = (z_1, \dots, z_m)$ pode ser consumida igual e contemporaneamente por todos os indivíduos, de tal forma que

$$X_c = X_c^i$$

simultaneamente para cada i -ésimo consumidor. Didaticamente, suponha que X_p seja composta de bens de alimentação, casas, roupas e carros. A cada momento que o indivíduo i consome um destes bens, ele não fica mais disponível para os $s - i$ indivíduos, de modo que cabe a cada indivíduo consumir somente uma parcela da cesta. Suponha, ainda, que X_c seja composta por praças, praias e ruas. O consumo (ou a utilização) de cada um destes bens por cada indivíduo i não impede o uso pelos indivíduos $s - i$ como ocorre com os bens privados. Desta forma, estes bens podem ser consumidos total e simultaneamente por todos os indivíduos. Neste trabalho, argumentamos que a saúde animal compõe a cesta de bens públicos, isto é, o benefício da saúde animal – e de um ambiente saudável – não é excludente e pode ser usufruído simultaneamente por todos os indivíduos.

Tendo em vista que a maioria dos bens não pode ser facilmente classificada como puramente públicos ou privados, há ainda dois outros tipos: os bens de clube e os bens de propriedade comum. Bens de clube apresentam características de alta excludibilidade e de baixa rivalidade, de modo que é possível negar o acesso ao bem por indivíduos que não tomaram parte dos custos para obtê-lo. Contudo, uma vez permitido o acesso, o consumo

de um indivíduo não reduz a disponibilidade do bem para os outros. Bens de propriedade comum, ao contrário, são reduzidos de acordo com o consumo de cada indivíduo, apesar de não ser possível negar o acesso ao bem a indivíduos não pagantes (HOLDEN, 1999).

Em linha com esta pesquisa, Riviere-Cinnamond (2004) examinou uma série de bens e serviços referentes à saúde animal e os alocou em seis diferentes grupos. As classificações e os tipos de serviços estão apresentados na Tabela 5. A primeira categoria, chamada de serviços curativos, comporta os serviços relacionados ao tratamento de animais infectados por meio do diagnóstico da doença e da utilização de medicamentos. O segundo tipo de serviço é referente à prevenção da ocorrência e da disseminação de doenças. Esses serviços incluem as ferramentas de prevenção propriamente ditas, como a vacinação dos animais, e medidas regulatórias, como a obrigatoriedade de abate de animais afetados. A terceira possibilidade de serviço para a provisão da saúde animal abrange os serviços ligados à saúde pública, como, por exemplo, o controle de zoonoses e das doenças transmitidas pela alimentação. Outros bens e serviços podem ser divididos entre o fornecimento de medicamentos, pesquisa e desenvolvimento e assistência técnica e educação.

Tabela 5 – Classificação técnica de serviços veterinários.

Classificação do serviço	Exemplos de serviços prestados
Serviços curativos	Diagnósticos e tratamento de doenças
Serviços preventivos	Vacinação, controle e erradicação de vetores, abate de animais infectados ou em áreas de risco, restrições de movimentação, quarentena
Saúde pública	Controle de zoonoses, controle de doenças transmitidas pela alimentação, inspeção de alimentos derivados de animais, segurança alimentar e meio ambiente
Medicamentos	Produção, oferta e distribuição, controle de qualidade, divulgação
Pesquisa e desenvolvimento	Desenvolvimento de vacinas, melhoria genética, novas tecnologias
Extensão rural e educação	Extensão sobre saúde animal, extensão sobre nutrição, educação sobre saúde pública

Fonte: Riviere-Cinnamond (2004)

Da Tabela 5, acima, é possível identificar exemplos para os quatro tipos de bens econômicos mencionados anteriormente. Apesar de a teoria econômica de bens públicos ter sido apresentada pela primeira vez na década de 1950 (SAMUELSON, 1954), foi somente na década de 1990 que surgiram os primeiros trabalhos analisando os bens e serviços providos pelo sistema de saúde animal sob a ótica de bens econômicos. Umali et al. (1992) são responsáveis por uma das primeiras categorizações de serviços veterinários sob esta ótica. A vigilância sanitária é mencionada por eles como um exemplo de bem público, pois os benefícios de um sistema de vigilância não podem ser capturados exclusivamente

por um produtor ou por uma planta frigorífica. A aplicação de vacinas, por outro lado, é um exemplo de bem puramente privado. Fabricantes de vacinas podem se beneficiar integral e exclusivamente da produção e venda de vacinas, além de poder impedir o uso por indivíduos que não pagaram pelo produto. Além disso, uma dose de vacina pode ser aplicada somente uma vez e em um único animal, que será o único a se beneficiar diretamente do consumo. A Tabela 6 apresenta uma lista não exaustiva destes bens e suas respectivas classificações.

Tabela 6 – Classificação de serviços veterinários segundo os princípios de excludibilidade e rivalidade.

	EXCLUDIBILIDADE	NÃO EXCLUDIBILIDADE
RIVALIDADE	Bens privados	Bens de propriedade comum
	Controle e prevenção de doenças endêmicas	Controle de pragas em áreas comuns com armadilhas ou vaporização aérea
	Venda de medicamentos e vacinas	
	Serviços clínicos	
NÃO RIVALIDADE	Bens de clube	Bens públicos
	Produção de vacinas	Controle de doenças epidêmicas ou zoonoses (vigilância sanitária, controle de trânsito, quarentena)
	Serviços diagnósticos	
	Clínicas veterinárias	
	Aspersão contra carrapato	Controle de doenças transmitidas por alimentos

Fonte: [Riviere-Cinnamond \(2004\)](#)

[Ramsay, Philip e Riethmuller \(1999\)](#) abordam a questão de forma similar e citam a prática de inseminação artificial como um exemplo de bem privado, ao passo que serviços de assistência técnica e rural são tidos por eles como um serviço muito próximo das características de bem público. [Holden \(1999\)](#) também oferece uma aplicação dos conceitos de bens econômicos aos serviços veterinários e mostra que, na prática, poucos destes serviços podem ser classificados dicotomicamente como privados ou públicos. Um exemplo é o tratamento contra carrapatos. O controle de carrapatos dentro de uma única propriedade pode beneficiar não somente o proprietário, mas também as propriedades vizinhas.

[Riviere-Cinnamond \(2004\)](#) argumenta que a classificação de alguns exemplos pode ser contestada, como a caracterização do controle de doenças endêmicas como bem privado. Seria possível argumentar que o controle de doenças deste tipo por um produtor ou região levaria a um efeito de transbordamento para produtores vizinhos ou regiões contíguas.

Assim, mais indivíduos se beneficiariam do ambiente sem reduzir a quantidade de saúde ofertada e sem precisar se envolver nos custos. Por este prisma, o controle de doenças endêmicas poderia ser considerado um bem público. Entretanto, a argumentação de [Holden \(1999\)](#) vai na direção de que os benefícios privados são maiores e mais relevantes do que seria o transbordamento, o que poderia qualificar este serviço como privado.

A erradicação da febre aftosa – objeto de pesquisa dessa dissertação – significa a conquista de um ambiente saudável para os animais, portanto pode-se interpretar o momento da erradicação como o de aquisição da saúde animal. Os benefícios da saúde animal são coletivos e não podem ser divididos ou compartilhados por um grupo em detrimento de outros. Quando um indivíduo se beneficia da saúde animal e alcança maior produção, os outros indivíduos não são impedidos de fazer o mesmo. Ao contrário, interpretando-a como um bem, por mais que a saúde animal seja “consumida” e traga benefícios aos envolvidos, a quantidade ofertada de saúde não se altera. Adicionalmente, uma vez estabelecida a oferta de um ambiente com animais saudáveis, não é possível restringir o uso deste ambiente a outros indivíduos, a não ser que se proíba o indivíduo de participar do sistema produtivo. Nesta pesquisa, assim como em outros estudos sobre o tema, a saúde animal é interpretada como um ambiente saudável para os animais de um sistema produtivo pecuário e é considerada um bem público ([VALENTE, 2009](#); [HOLDEN, 1999](#); [RIVIERE-CINNAMOND, 2004](#)).

Em relação aos bens descritos na Tabela 6, pode-se refletir sobre a origem dos recursos responsáveis pela sua oferta. Dadas as características dos bens privados, isto é, o seu elevado grau de rivalidade e excludibilidade, existem fortes incentivos para os consumidores pagarem pelo produto ou serviço, pois, do contrário, não seria possível ter acesso a ele. Incentivos semelhantes podem ser observados nos chamados bens de clube. Apesar de estes serem bens não rivais, a sua elevada excludibilidade cria condições para que os consumidores financiem a provisão destes bens de forma privada. Já em relação aos bens de propriedade comum, tais incentivos não são observados, pois mesmo sem tomar partido nos custos de produção e de oferta, os usuários finais podem ter acesso ao produto. Por isso, o fornecimento deste tipo de bem pode requerer financiamento público. Por último, dada a sua baixa excludibilidade, indivíduos também não podem ser impedidos de consumir os chamados bens públicos. Assim, tanto no caso de bens públicos quanto de clube, existe uma tendência de indivíduos não pagarem por estes bens ou serviços e, mesmo assim, pegarem carona e terem pleno acesso aos produtos ([STIGLITZ, 2000](#), cap. 6, p. 130-131).

No contexto desta pesquisa, o problema do carona é resultado das características de bem público intrínsecas à saúde animal, isto é, do fato de que o setor público, ao prover um ambiente saudável para os rebanhos, não pode excluir indivíduos de se beneficiarem deste ambiente, e do não esgotamento de tal ambiente conforme a quantidade de usuários.

Num cenário como este, indivíduos acreditam que os bens ou serviços serão providos pelo governo independentemente da contribuição individual sobre os seus custos de oferta e podem deixar de assumir as suas responsabilidades e continuar a ter acesso aos benefícios. Esse é o problema do carona: se uma quantidade suficiente de indivíduos decide não contribuir com os custos, a consequência será a oferta de quantidade inferior à quantidade ótima (RAMSAY; PHILIP; RIETHMULLER, 1999).

Além destes fatores, a percepção de risco pelos produtores também pode interferir na correta provisão de serviços. O relatório de análise econômica de saúde animal da FAO (2016) mostra que produtores de regiões em desenvolvimento podem não ter conhecimento do valor da vacinação ou dos custos totais em caso de ocorrência de um surto de determinada doença. Ainda, é possível que os principais benefícios sejam percebidos por somente um extrato da população, de forma que apenas esta parcela beneficiada teria incentivos para participar de programas. De fato, o relatório apresenta dois estudos nos quais o controle da febre aftosa na Tailândia e no Zimbábue beneficiou majoritariamente os grandes produtores comerciais, e causou impactos pouco perceptíveis nas pequenas propriedades tradicionais.

Por isso, uma forma de se mensurar os benefícios econômicos do controle de uma doença é levar em consideração qual a redução do prejuízo econômico pode ser obtido com o seu controle, para cada volume de despesa efetuado. Na Figura 4, por exemplo, temos o valor do prejuízo econômico no eixo das coordenadas e o valor dos gastos com controle no eixo das abscissas. A linha horizontal, azul, é uma função constante que representa as perdas totais causadas pela doença na ausência de gastos com o seu controle. Para facilitar a visualização, normalizamos o prejuízo total para 1. A curva vermelha também representa o prejuízo econômico, mas em função dos gastos com controle. Esta curva é uma função decrescente, portanto as perdas diminuem conforme as despesas com controle aumentam. A diferença entre as duas funções, ou seja, a área entre as duas curvas, representa o benefício econômico para cada nível de gastos com o controle da doença.

A equação que descreve a situação da Figura 4 pode ser descrita por

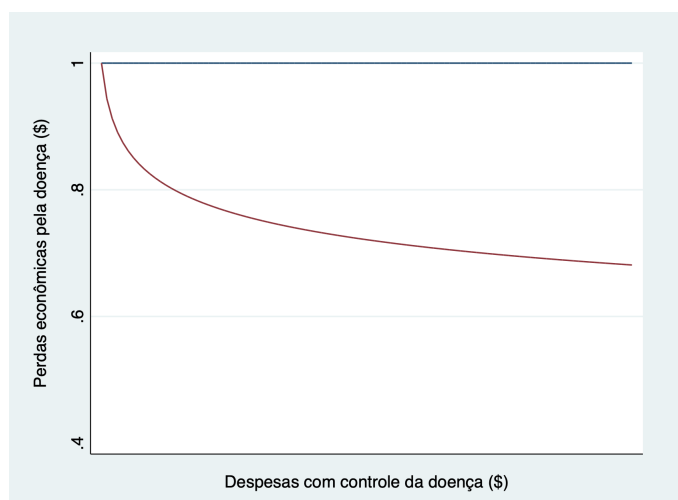
$$B = a - g(E),$$

onde B é o valor do benefício, a é a perda econômica na ausência do controle da doença e E representa os aportes efetivados para realizar este controle. A constante a representa a linha horizontal e função $g(E)$ representa a curva decrescente. O custo total do controle, dado por C , pode ser desagregado em custos existentes antes do início do controle sanitário, k , e em custos variáveis do programa de controle, E . Assim, $C = k + E$, onde $k \geq 0$, de tal forma que o benefício líquido da maior sanidade animal é

$$NB = B - C = a - g(E) - (k + E)$$

$$NB = f(E) - (k + E)$$

Figura 4 – Benefícios econômicos medidos pelo nível de prejuízo evitado em função do controle ou erradicação.



Fonte: Adaptado pelo autor de Tisdell (2009).

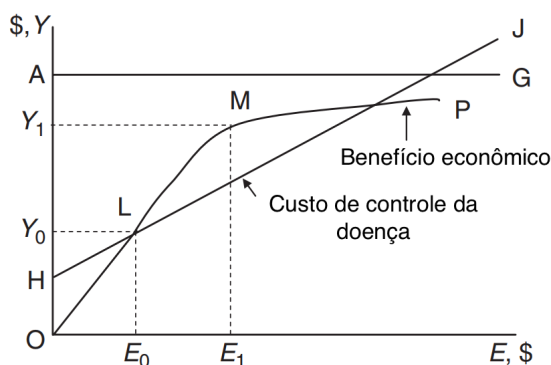
Supondo que a função de benefícios do controle cresce a taxas decrescentes, isto é, $f'(E) > 0$ e $f''(E) < 0$, os benefícios líquidos serão máximos quando o valor dos gastos, E , é tal que o benefício marginal é igual ao custo marginal. A condição de primeira ordem é:

$$\begin{aligned}\frac{\partial NB}{\partial E} &= \frac{\partial f(E)}{\partial E} - \frac{\partial(E)}{\partial E} = 0 \\ \frac{\partial f(E)}{\partial E} &= \frac{\partial(E)}{\partial E} \\ \frac{\partial f(E)}{\partial E} &= 1\end{aligned}$$

Avançando a partir desse exemplo, a Figura 5 ilustra um modelo de Análise Custo-Benefício (ACB) para casos em que existam custos para implementar o programa de controle da doença. Este custo, que pode ser investimento em equipamentos, em medicamentos, ou gastos com contratação de profissionais, por exemplo, é representado por OH . Os custos totais de controle da doença são dados por OHJ ; $OLMP$ é a curva representativa dos benefícios gerados pelo controle. Como no exemplo básico anterior, OA é o prejuízo causado pela doença na ausência de gasto com controle.

No gráfico, o par ordenado (Y_0, E_0) indica um ponto onde os custos com o controle se igualam aos benefícios gerados. Esse ponto, assim como todos os pares ordenados abaixo dele, são considerados não econômicos. Somente a partir desse ponto os benefícios superam os custos. No entanto, a função dos benefícios não cresce monotonicamente, mas a taxas decrescentes. Assim, o ponto de benefício máximo se dá no ponto M , dado pelo par ordenado (Y_1, E_1) .

Figura 5 – Modelo de custo-benefício para controle de doenças animais com custos iniciais positivos.



Fonte: Tisdell (2009)

Ekboir (1999) mostra que o impacto econômico de doenças animais não contagiosas pode ser analisado segundo a teoria neoclássica, na qual a patologia é representada em um problema de maximização de lucros como um insumo negativo, uma vez que ela reduz a produtividade dos animais. Nessas condições, o problema do produtor individual é caracterizado pela equação $max B = P_q q - P_v v - P_x x$, sujeita à restrição $q = f(v, x, Z)$, onde B é o lucro esperado, q é a produção pecuária, v é uma medida de doença animal, x são insumos variáveis, f é uma função de produção e Z são insumos fixos. As variáveis P representam os preços, sendo que P_v é o custo do produtor gerenciar a doença.

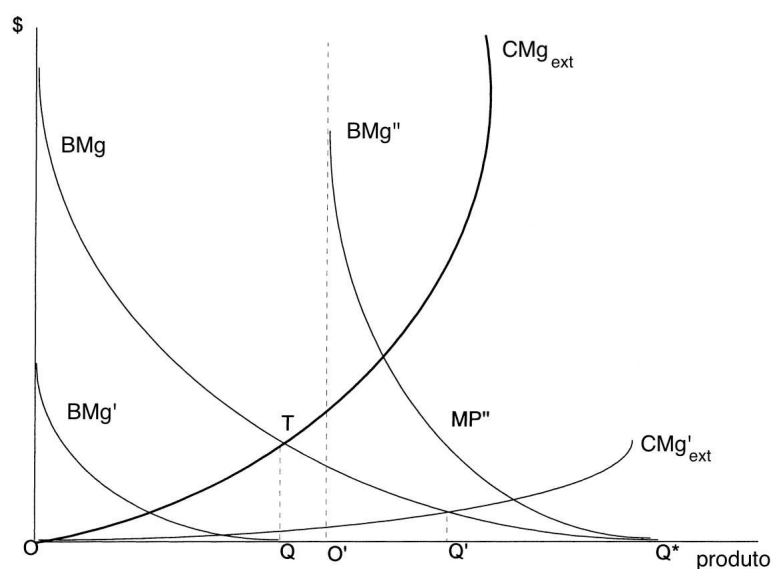
Contudo, no caso de doenças altamente contagiosas como a febre aftosa, a forte presença de externalidades invalida a abordagem neoclássica de maximização de lucros. Externalidades ocorrem sempre que as ações de um indivíduo i afetem diretamente o indivíduo j , mas sem que este seja remunerado ou pague algo pela ocorrência da externalidade¹⁵. Nos casos em que estas ações causam impactos positivos a outros indivíduos, a externalidade é denominada positiva. Em casos de geração de efeitos adversos, a externalidade é negativa. No escopo da economia da sanidade animal abordada nesta pesquisa, um exemplo de externalidade ocorre quando propriedades ou cidades vizinhas não possuem uma gestão sanitária adequada, reduzindo a efetividade do controle sanitário de qualquer propriedade localizada na região.

A Figura 6 apresenta um gráfico que trata da medida destas externalidades e da ação adequada do setor público. A curva BMG do gráfico representa o benefício privado marginal da produção pecuária. Dito de outra forma, esta curva define a diferença entre a receita marginal privada e o custo marginal privado. Numa situação em que nenhuma

¹⁵ De maneira mais formal, para bens privados, pode-se dizer que a utilidade do indivíduo J depende tão somente de suas próprias decisões de consumo, $X^J = X^J$. Para um bem público, a utilidade de J depende da soma das decisões de todos os indivíduos, $X^J = \sum_{i=1}^s X_J^i$. Na ocorrência de externalidades, a utilidade de J é impactada pelas ações de outros indivíduos e passa a ser modificada por a , $X^J = \sum_{i=1}^s a X_J^i$ (STIGLITZ, 2000).

política de controle é adotada pelo governo, a decisão privada será a de se apropriar de tanto benefício quanto for possível, portanto a produção pecuária será de Q^* unidades. A curva CMg_{ext} representa o custo marginal externo (equivalentemente, as externalidades negativas) associado a cada nível de produção. Por causa das externalidades negativas, o custo social da febre aftosa é maior do que o custo privado. Este custo é uma função crescente da quantidade, pois maiores quantidades estão associadas a sistemas produtivos mais intensivos, que são mais suscetíveis à transmissão da doença.

Figura 6 – Medida de externalidade para doenças animais altamente contagiosas.



Fonte: Ekboir (1999)

Uma abordagem para se lidar com externalidades é o imposto Pigouviano, que corresponde a uma taxa de valor igual à diferença entre o custo social e o privado sobre o agente causador da externalidade. Na Figura 6, este imposto é da magnitude TQ , gera uma nova curva de benefício privado marginal (BMg') e induz os produtores a reduzirem a produção ao nível (Q). Neste contexto, Q é o nível socialmente ótimo de produção. Uma política deste tipo levaria a uma redução do efetivo do rebanho para reduzir a probabilidade de transmissão da doença. No entanto, em regiões com elevado grau tecnológico e sistema intensivo de produção, é possível que esse nível não seja factível. Supondo que a curva de benefícios privados nessa região tecnológica seja BMg'' , o nível de produção mínimo é O' , portanto o nível socialmente ótimo inviabilizaria a propriedade.

Uma forma alternativa à taxa de valor como solução para falhas de mercado é garantir a colaboração ativa entre os setores público e privado. Permitindo a participação de agentes do mercado na administração de programas de sanidade, por exemplo, poderia lhes atribuir um senso de pertencimento e de responsabilidade, gerando incentivos para o cumprimento das políticas de prevenção. Com o envolvimento do setor privado, é possível inferir que a participação dos produtores crescerá conforme os resultados fossem se tornando mais

visíveis. Considerando que uma política desse tipo seja adotada, seria possível reduzir os custos marginais para CMg'_{ext} . Assim, o novo ponto de produção socialmente ótimo seria Q' , que não inviabilizaria as propriedades mais intensivas e teria custos marginais reduzidos. Esse ponto poderia ser alcançado por uma combinação de políticas, como taxaço, incremento dos serviços de extensáo rural e fortalecimento das organizaçoes de produtores. Ou seja, [Ekboir \(1999\)](#) mostra como o problema de uma doença animal epidêmica pode ser solucionado pela articulaço do governo e pelo envolvimento do setor privado.

No Brasil, a luta contra a febre aftosa foi construída com esse raciocínio, especialmente após a implementaço do PNEFA. A conjugaço de esforços públicos e privados, a infraestrutura dos serviços veterinários e os sólidos fundamentos técnicos foram a base para o sucesso do Programa. O envolvimento do setor privado foi constantemente incentivado, tendo como objetivo sempre o seu maior envolvimento nas decisões e nas açoes do Plano para dar sustentação política e financeira. Um exemplo da importante atuaço do setor privado no PNEFA é em relaço à prevenço da doença, dado que tanto a produço quanto a distribuço de vacinas são atendidas integralmente por ele. Da mesma forma, a aquisiço e a aplicaço das vacinas são de responsabilidade dos próprios produtores rurais, sem subsídios do setor público ([BRASIL, 2017](#)).

4 Metodologia

4.1 Estratégia empírica

Conforme argumentado na seção anterior, a sanidade animal é considerada um bem público. Essa dissertação analisou os impactos da erradicação da febre aftosa e averiguou se houve a geração de benefícios coletivos em consequência da provisão da sanidade animal. A ocorrência da sanidade pode ser considerada como um resultado do PNEFA, de modo que o problema pode ser enxergado sob a perspectiva de avaliação de resultados de uma política pública.

Para identificar os impactos econômicos da erradicação da febre aftosa nos estados brasileiros, um modelo de diferença em diferenças foi especificado de acordo com as características do problema e com as informações disponíveis. Uma vantagem de se utilizar este estimador é que ele permite o controle de variáveis não observáveis no modelo, que sejam invariantes ao longo do tempo ou entre os estados. Isto é importante, pois pode haver características regionais de difícil mensuração e que sejam relevantes para o desenvolvimento da agropecuária e da economia em geral. Como exemplo, tome as atividades pecuárias da região Sul do país e do noroeste paulista, responsável por quantidade significativa da produção de carne das regiões Sudeste e Centro-Oeste. Por mais que seja possível obter variáveis zootécnicas, socioeconômicas e tecnológicas para entender as diferenças nas duas regiões, muito provavelmente existem características culturais, históricas, entre outras, que não poderão ser mensuradas e, portanto, captadas pelo modelo. Com esse mecanismo, é possível separar os efeitos desses regressores, que poderiam viesar o impacto nas variáveis de interesse.

Por outro lado, isto também significa que não é possível incluir variáveis observáveis com estas mesmas características no modelo. Uma variável recorrentemente utilizada em modelos de determinação de demanda é a taxa de câmbio e, provavelmente, seria incluída em um modelo de exportação de carnes. Contudo, a taxa de câmbio é invariante entre os estados. Pela forma com que o modelo de diferenças em diferenças é construído, a inclusão dessa variável não alteraria os resultados. Isso não quer dizer que a relação do Real com as moedas de outros países seja desconsiderada, mas sim que ela já é controlada pelo modelo por sua característica de ser invariante entre os estados, de modo que a sua inclusão é desnecessária.

Conforme o exposto acima, para responder o problema da pesquisa, foi estimada a seguinte equação:

$$y_{it} = \phi D_{it} + \theta X_{it} + \psi Trend_i + \delta_t + \eta_i + \epsilon_{it} \quad (1)$$

onde y_{it} é a variável de interesse afetada pela erradicação da doença, D_{it} é um regressor

binário de valor 1 se o estado i recebeu o tratamento no período t e 0 caso contrário, X_{it} é um vetor de variáveis de controle, δ_t e η_i são efeitos fixos de ano e de estado e $Trend_i$ é uma tendência linear específica para cada unidade da Federação (UF).

É importante ressaltar que o estimador de diferença em diferenças decorrente da equação (1) pode ser viesado em função de correlação serial entre as variáveis ou até mesmo por causa de características intrínsecas a elas. Por isso, para garantir a significância correta dos estimadores, os erros-padrão foram estimados por *bootstrap* (BERTRAND; DUFLO; MULLAINATHAN, 2004). Foram realizadas 400 repetições para cada regressão.

Como o objetivo da pesquisa é estimar os impactos sobre as exportações de carne e sobre a renda dos estados, a equação (1) foi estimada para diferentes valores de y_{it} , a saber: i) volume das exportações de carne suína e bovina, ii) preço das exportações de carne suína e bovina e iii) renda agrícola, representada pelo valor adicionado pela atividade agropecuária ao Produto Interno Bruto (PIB). As variáveis explicativas incluídas no vetor X_{it} serão detalhadas mais a frente no trabalho, na subseção que explica a base de dados e na seção de resultados.

O tratamento, indicado por D_{it} e cujos impactos foram estimados, é o reconhecimento internacional de erradicação da febre aftosa concedido pela OIE. Foram considerados tanto o reconhecimento de zona livre com vacinação quanto de zona livre sem vacinação, como foi o caso de Santa Catarina em 2007. Os efeitos fixos δ_t e η_i , como explicado, são responsáveis por captar os efeitos invariantes ao longo dos anos e entre os estados. Além da taxa de câmbio, alguns outros exemplos dessas variáveis são a renda internacional e a área de cada UF. δ_t assume valor 1 para o ano t e 0 caso contrário; η_i é análogo, mas com o objetivo de indicar a UF i . $Trend_i$, cuja inclusão é recomendada por Bertrand, Duflo e Mullainathan (2004), pode auxiliar a corrigir uma possível correlação serial presente no modelo. A construção dessa tendência se deu pela interação entre variáveis indicativas de ano e de UF, de modo que cada estado foi associado a uma tendência linear específica.

O pressuposto de identificação do estimador de diferença em diferenças é que os estados reconhecidos como livres da doença (“grupo tratado” ou “grupo de tratamento”) teriam seguido a mesma trajetória que os estados não livres (“grupo de controle” ou “contrafactual”) caso não tivessem recebido o reconhecimento da OIE. Mais especificamente, a estimação por esta metodologia pressupõe que os grupos possuíam a mesma trajetória no período anterior ao tratamento. Este pressuposto é chamado de tendências paralelas.

As equações que representam o grupo tratado (subscrito $it, 1$) e o contrafactual (subscrito $it, 0$), antes do tratamento (sobrescrito a) e depois do tratamento (sobrescrito d), são:

$$y_{it,0}^a = \theta X_{it} + \psi Trend_i + \delta_t + \eta_i + \epsilon_{it} \quad (2)$$

$$y_{it,1}^a = \theta X_{it} + \psi Trend_i + \delta_t + \eta_i + \epsilon_{it} \quad (3)$$

$$y_{it,0}^d = \theta X_{it} + \psi Trend_i + \delta_t + \eta_i + \epsilon_{i,t} \quad (4)$$

$$y_{it,1}^d = \phi + \theta X_{it} + \psi Trend_i + \delta_t + \eta_i + \epsilon_{i,t} \quad (5)$$

O primeiro passo para se obter o estimador de diferença em diferenças será aplicar a diferença das especificações do período posterior e anterior ao tratamento para cada grupo, ou seja, a diferença entre as equações (5) e (3) e entre as equações (4) e (2). A segunda diferença, que é a diferença entre as duas equações resultantes, levará ao coeficiente de interesse (ϕ , associado a D_{it}), que representa o Efeito Médio do Tratamento sobre os Tratados (EMTT). A equação (6), a seguir, mostra que o EMTT é igual ao coeficiente de diferença em diferenças.

$$EMTT = \{E[y_{it,1}^d] - E[y_{it,1}^a]\} - \{E[y_{it,0}^d] - E[y_{it,0}^a]\} = \phi \quad (6)$$

4.2 Procedimentos econométricos

O modelo básico apresentado na subseção anterior pode apresentar estimadores viesados por diversos motivos. A geração do viés, se houver, pode ser compreendida com o seguinte raciocínio: o coeficiente ϕ , objeto central dessa pesquisa, está associado à erradicação da febre aftosa no estado i . Para tornar a erradicação da doença mensurável, o reconhecimento do *status* sanitário concedido pela OIE foi escolhido para designar o ano de erradicação em cada UF. Contudo, para que a UF obtenha o reconhecimento de zona livre, com ou sem vacinação, é necessário que uma série de requisitos técnicos e estruturais preconizados pela OIE sejam cumpridos. Ora, é perfeitamente possível pensar que regiões com melhores indicadores socioeconômicos, com atividade agropecuária mais desenvolvida ou com participação destacada nas exportações do agronegócio do país tenham maior aptidão para cumprir com os requisitos propostos internacionalmente. Por essa lógica, de início, há estados mais propensos do que outros a receber o reconhecimento da OIE e compor o grupo de tratamento.

A situação descrita acima indica que a determinação dos grupos tratado e contrafactual não é aleatória, ou seja, o problema não se enquadra no que se convencionou chamar de estudo randomizado controlado¹⁶.

¹⁶ Estudo randomizado controlado, ou *Randomized Control Trial* (RCT), em inglês, é um método experimental de avaliação de impacto, no qual a população amostral que recebe o tratamento é obtida aleatoriamente a partir da população total. A população amostral que não recebe o tratamento é obtida da mesma forma (GERTLER et al., 2016).

Dada uma situação de não aleatoriedade, é necessário garantir que a comparação entre os grupos de tratamento e de controle seja confiável. Para que esses dois grupos sejam comparáveis, é preciso que seus componentes sejam o mais semelhantes possível, divergindo somente na conquista da erradicação da febre aftosa. Algumas abordagens estatísticas de pareamento são propostas pela literatura e, nessa dissertação, adotaremos a estratégia de Balanceamento por Entropia, apresentada por [Hainmueller \(2012\)](#). Essa abordagem traz melhorias em relação a outro método de pareamento recorrentemente utilizado, o Pareamento por Escore de Propensão (PSM) ([ROSENBAUM; RUBIN, 1983](#)), por exemplo, ao desenvolver um esquema de balanceamento que mantém informações relevantes da base de dados pré-processamento, pois permite que os pesos variem ligeiramente entre os estados, sem precisar retirar informações muito heterogêneas para alcançar o balanceamento. Outra característica é que o método permite a definição de um conjunto de condições específicas sobre os momentos das variáveis. Assim, as distribuições das variáveis nas observações reponderadas atenderão a essas restrições para que se obtenha um equilíbrio exato no primeiro, segundo ou terceiro momentos (média, variância e assimetria, respectivamente) dos grupos de tratamento e controle. Os pesos gerados pelo balanceamento são facilmente computados nas equações subsequentes, portanto eles serão utilizados na regressão para estimação dos impactos da conquista da sanidade.

Formalmente, para que se compreenda a implementação do balanceamento por entropia, suponha uma amostra com n_1 unidades tratadas e n_0 unidades de controle obtidas aleatoriamente de populações de tamanho N_1 e N_0 ($n_1 \leq N_1$ e $n_0 \leq N_0$). Suponha, também, que $D_i \in \{1, 0\}$ é uma variável binária indicativa do tratamento que assume valor $D_i = 1$ se a unidade i foi expostas ao tratamento e $D_i = 0$ caso contrário. Ainda, suponha que X é uma matriz cujos vetores representam J covariadas do período pré-tratamento; assim, X_{ij} denota o valor da j – ésima covariada associada à unidade i , de modo que para cada i existirá $X_i = [X_{i1}, X_{i2}, \dots, X_{iJ}]$. ([HAINMUELLER; XU, 2013](#))

O procedimento de balanceamento por entropia estima os pesos a partir de um conjunto de restrições composta por momentos das variáveis amostrais. Especificamente, a estimação da média do grupo contrafactual é dada por:

$$\mathbf{E}[Y(0)|\widehat{D} = 1] = \frac{\sum_{\{i|D=0\}} Y_i w_i}{\sum_{\{i|D=0\}} w_i} \quad (7)$$

onde w_i é o valor de ponderação atribuído para cada unidade i de controle. Os pesos w ,

por sua vez, são escolhidos segundo o problema de minimização abaixo.

$$\begin{aligned}
\min_{w_i} \quad & H(w) = \sum_{\{i|D=0\}} w_i \log\left(\frac{w_i}{q_i}\right) \\
\text{s.a.} \quad & \sum_{\{i|D=0\}} w_i c_{ri}(X_i) = m_r \text{ com } r \in 1, \dots, R \\
\text{s.a.} \quad & \sum_{\{i|D=0\}} w_i = 1 \\
\text{s.a.} \quad & w_i \geq 0 \text{ para todo } i \text{ tal que } D_i = 0
\end{aligned} \tag{8}$$

No problema de otimização dado pela equação (8), $q_i = \frac{1}{n_0}$ é o peso base e $c_{ri}(X_i) = m_r$ descreve um conjunto de R restrições de balanceamento impostas aos momentos das covariadas do grupo de controle reponderado. Essas restrições podem incluir a média (primeiro momento), a variância (segundo momento) e a assimetria (terceiro momento); para o balanceamento dos regressores desta pesquisa, somente a ponderação pelo primeiro momento foi realizada. Após obtidos os pesos, eles foram aplicados nas covariadas da equação (1), de tal modo que o coeficiente de diferença em diferenças, ϕ , indica o impacto do tratamento sobre as variáveis de interesse na amostra pareada segundo o balanceamento por entropia.

4.3 Base de dados

Para o desenvolvimento da estratégia empírica, diversas fontes foram consultadas para a construção de uma base de dados completa. Do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), foram coletados os dados de quantidade total de animais abatidos sob os Sistemas de Inspeção Federal (SIF), Estadual (SIE) e Municipal (SIM), a quantidade de vacas ordenhadas e de leite produzido, o efetivo dos rebanhos e a renda agropecuária, representada pelo PIB agropecuário estadual.

As variáveis de produção também foram obtidas em fonte alternativa ao IBGE, o Anuário da Pecuária Brasileira (Anualpec), pois a série histórica disponibilizada é mais longa. Os valores dessas variáveis não eram exatamente os mesmos, em nível, mas a trajetória de ambas nos fez acreditar que qualquer uma das duas poderiam ser utilizadas. Como os dados do IBGE haviam sido interrompidos e somente voltaram a ser divulgados em 1997, optamos por utilizar os dados do Anualpec para ter um pouco mais de observações (ANUALPEC, 1998; ANUALPEC, 2001; ANUALPEC, 2002; ANUALPEC, 2007; ANUALPEC, 2008; ANUALPEC, 2016). A partir desses dados, foram calculadas variáveis indicadoras de tecnologia: peso médio ao abate, arrobas por hectare e quantidade de leite por vaca.

Do portal Comex Stat, do Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços (MDIC), foram obtidos o valor FOB, em dólares (US\$), das exportações de carne bovina,

suína e de produtos derivados, assim como o volume total em quilogramas. A composição da cesta desses produtos está disponível para consulta nas Tabelas 11 e 12, nos Apêndices. O valor das exportações foi convertido para Reais (R\$) e deflacionado pelo Índice Geral de Preços - OG, de modo que foi possível construir uma variável de preços de exportação a preços constantes. Todos os preços foram deflacionados com base no ano de 2016. Por fim, da Companhia Nacional de Abastecimento (Conab) foram obtidos dados de produção total e da produtividade do setor de grãos.

As variáveis citadas estão consolidadas na Tabela 7. Nela, também estão disponíveis a origem dos dados e as unidades de medida consideradas. A partir dessa base de dados, foi construído um painel abrangendo o período de 1994 a 2016 para cada UF.

Tabela 7 – Lista das variáveis utilizadas na pesquisa.

Nome da variável	Descrição	Período	Fonte
bovinecarcassweight_	Produção de carne bovina (tonelada equivalente-carcaça)	1994 a 2016	Anualpec
bovineslaughterweight_	Peso médio dos bovinos abatidos (kg)	1994 a 2016	Cálculo do autor com dados da pesquisa
cattleherd_	Rebanho bovino (cabeças)	1994 a 2016	Anualpec
cattleperhec_	Peso de abate bovino por hectare (arobas/ha)	1994 a 2016	Cálculo do autor com dados da pesquisa
expobov_ price_ brl	Preço médio da carne bovina exportada (R\$/t, preços de 2016)	1994 a 2016	MDIC - Comex Stat
expobov_ ton	Quantidade de carne bovina exportada (t)	1994 a 2016	MDIC - Comex Stat
exposwine_ price_ brl	Preço médio da carne suína exportada (R\$/t, preços de 2016)	1994 a 2016	MDIC - Comex Stat
exposwine_ ton	Quantidade de carne suína exportada (t)	1994 a 2016	MDIC - Comex Stat
grains_ total	Produção total de grãos (toneladas)	1994 a 2016	CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento
grains_ productivity	Produtividade de grãos (kg/ha)	1994 a 2016	CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento
milke dcows	Vacas ordenhadas (cabeças)	1994 a 2016	IBGE - Pesquisa da Pecuária Municipal
milkpercow	Quantidade de leite por vaca ordenhada (litros/vaca)	1994 a 2016	Cálculo do autor com dados da pesquisa
pibagro	Valor adicionado pela agropecuária (R\$ milhões, preços de 2016)	1994 a 2016	IBGE - Sistema de Contas Regionais
producedmilk	Produção de leite (mil litros)	1994 a 2016	IBGE - Pesquisa da Pecuária Municipal
slaughteredcattle_	Abate de bovinos (cabeças)	1994 a 2016	Anualpec
slaughteredswine_ all	Abate de suínos sob inspeção federal, municipal e estadual (cabeças)	1997 a 2016	IBGE - Pesquisa Trimestral do Abate de Animais
swinecarcassweight_ all	Produção de carne suína sob inspeção federal, municipal e estadual (toneladas)	1997 a 2016	IBGE - Pesquisa Trimestral do Abate de Animais
swineherd_	Rebanho suíno (cabeças)	1994 a 2016	Anualpec
swineslaughterweight	Peso médio dos suínos abatidos (kg)	1997 a 2016	Cálculo do autor com dados da pesquisa

Fonte: Elaboração do autor com dados da pesquisa.

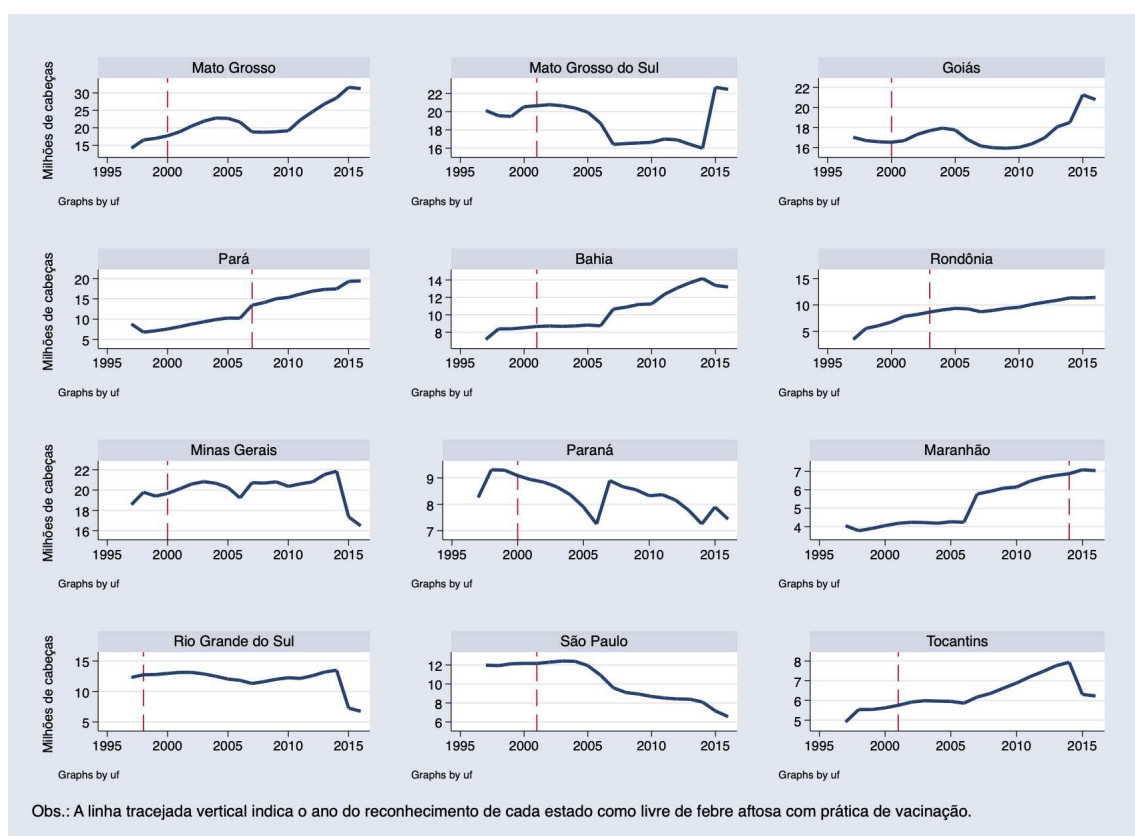
5 Resultados e discussão

5.1 Análise dos dados

Antes de apresentar os resultados das estimações, é importante que a distribuição da produção pecuária no Brasil seja apresentada. Pela característica da base de dados, um painel com dados para 26 estados ao longo de 20 anos, a apresentação usual das estatísticas descritivas em tabelas é pouco produtiva e informativa. Por este motivo, as variáveis referentes ao efetivo de animais e às exportações foram organizadas em gráficos, dispostos nas Figuras 7 a 10. Desta forma, é possível observar de maneira mais eficaz a diferença de representatividade da pecuária entre os estados, assim como visualizar mudanças de padrão na evolução do setor em cada estado.

As estatísticas apresentadas abrangem os anos de 1997 a 2016, período em que ocorreram as notificações de erradicação da febre aftosa para todos os estados brasileiros. Os gráficos exibem os estados mais representativos em produção e em exportação no ano de 2016. Embora os efetivos bovino e suíno estejam distribuídos de forma diferente pelo território brasileiro, os dois setores apresentam grandes mudanças na constituição de seus rebanhos.

Figura 7 – Evolução do efetivo de bovinos nos 12 estados com rebanhos mais expressivos em 2016.

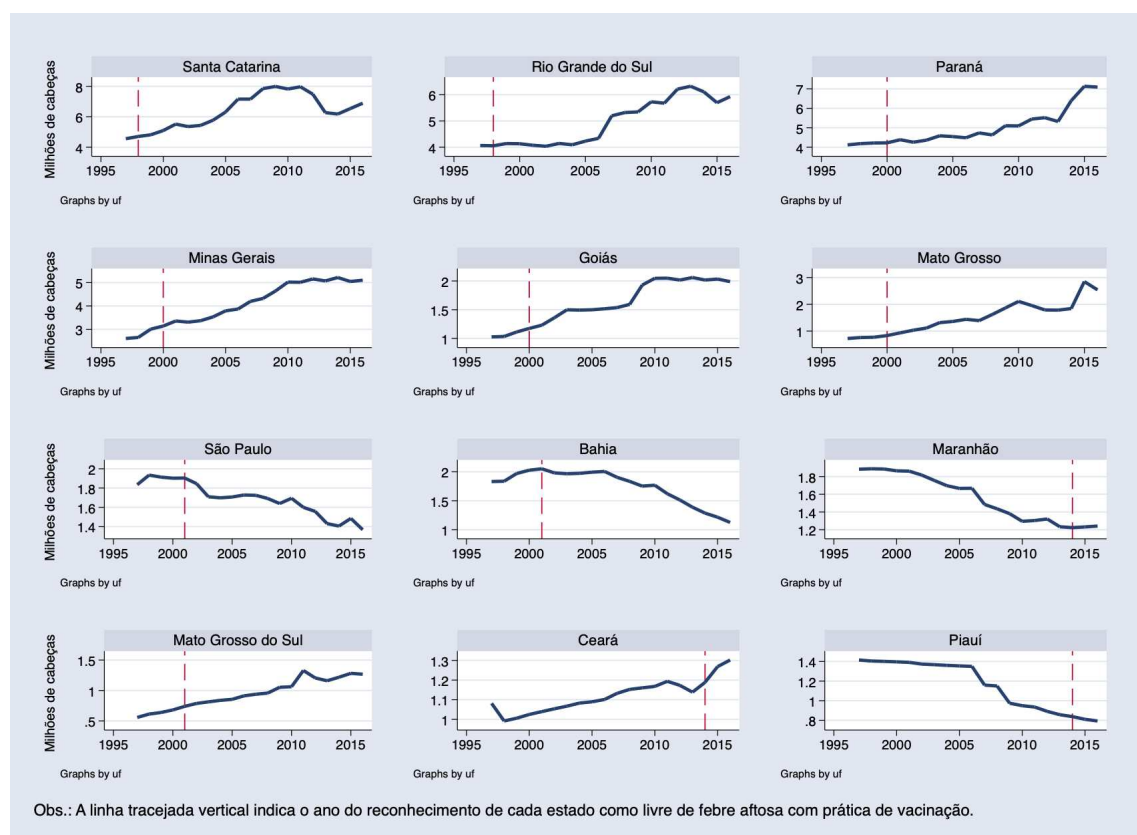


Fonte: Elaboração do autor com base nos dados da pesquisa.

A Figura 7 mostra como o crescimento do rebanho bovino tem ocorrido predominantemente nas regiões Centro-Oeste, Norte e Nordeste. Por outro lado, pode-se notar redução significativa na quantidade de animais nos estados das regiões Sul e Sudeste que figuravam entre os maiores no início do período analisado. Também é possível notar o impacto negativo do surto de febre aftosa no Mato Grosso do Sul e no Paraná, em 2005. Após este evento, os rebanhos destes e de demais estados da região foram muito reduzidos como meio de controlar a expansão da doença.

Apesar de a febre aftosa ser transmissível tanto para bovinos quanto para suínos, não se percebe a mesma redução no rebanho suíno após 2005 (Figura 8). Isso ocorre, pois é usual que o abate de animais suscetíveis à febre aftosa se concentre somente em bovinos. No período, os três estados da região Sul se consolidaram como os maiores produtores de suínos do país, sendo seguidos por Minas Gerais, Goiás e Mato Grosso. Ceará e Mato Grosso do Sul também tiveram crescimento quase contínuo em seus rebanhos, embora ainda estejam distantes dos maiores produtores. Os outros estados perderam participação continuamente ao longo do período.

Figura 8 – Evolução do efetivo de suínos nos 12 estados com rebanhos mais expressivos em 2016.

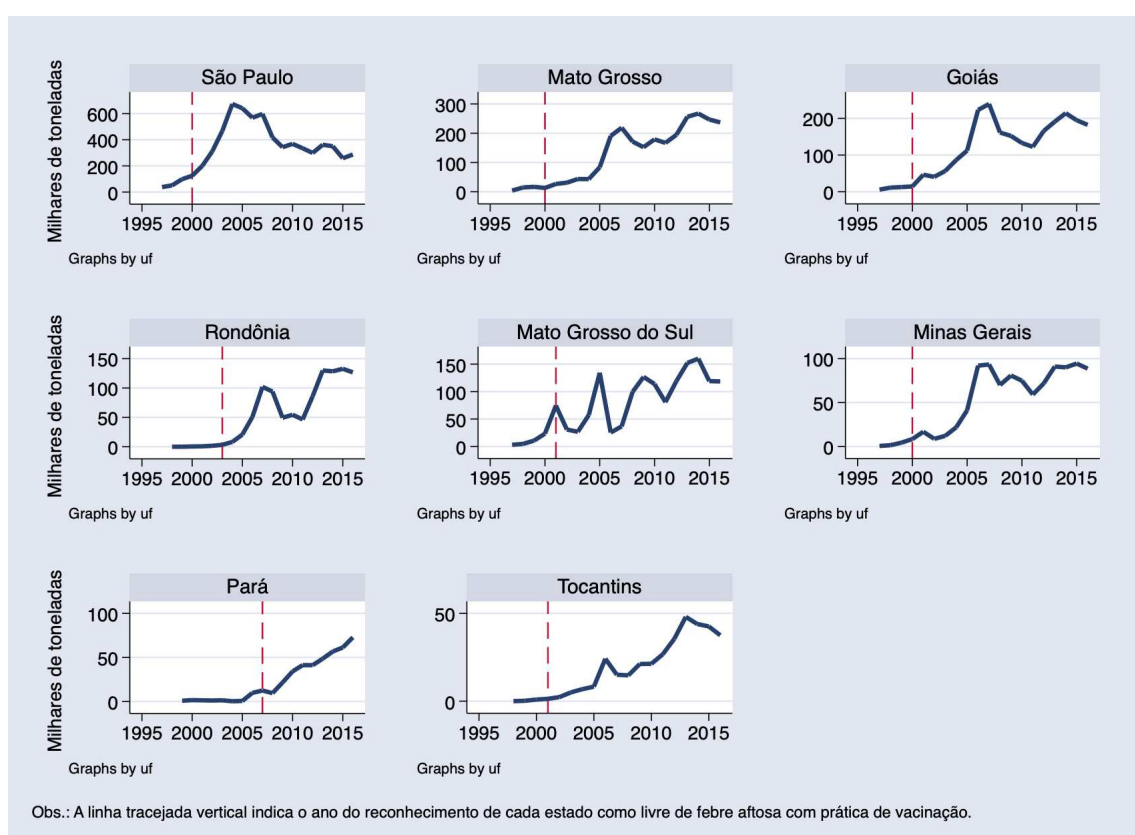


Fonte: Elaboração do autor com base nos dados da pesquisa.

Apesar da heterogeneidade da pecuária entre as regiões geográficas, não parece haver indícios claros de mudanças nos rebanhos – tanto em volume quanto em trajetória

– em função da mudança de *status* sanitário. No entanto, ao observarmos as Figuras 9 e 10, é possível conjecturar a respeito de variações nas exportações de carne bovina e suína após a mudança de *status*. Na Figura 9, com exceção do Mato Grosso do Sul, todos os maiores exportadores apresentaram forte tendência de crescimento em suas exportações de carne bovina. As exportações de carne bovina são predominantes nos estados do Sudeste e do Centro-Oeste, mas a região Norte aumentou muito a sua participação, especialmente Rondônia, Pará e Tocantins, que fazem fronteira com os grandes produtores e exportadores Mato Grosso e Goiás.

Figura 9 – Evolução do volume das exportações de carne bovina nos principais estados exportadores.

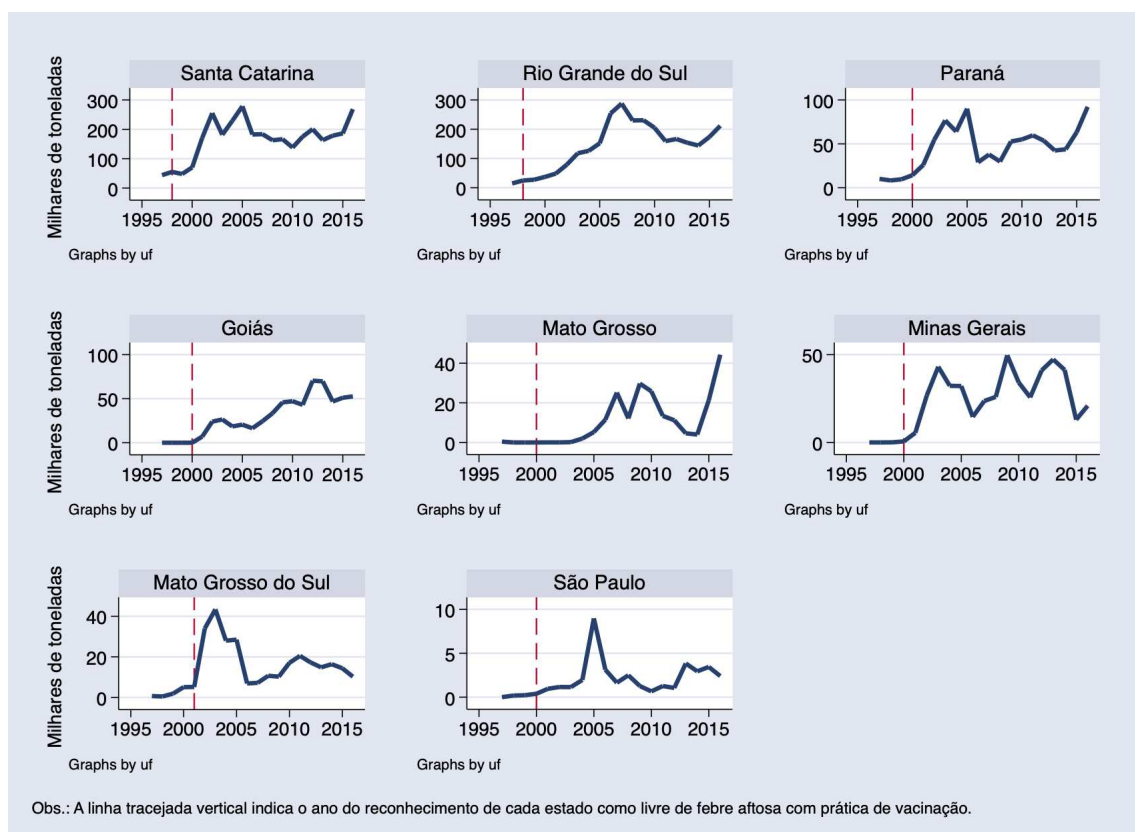


Fonte: Elaboração do autor com base nos dados da pesquisa.

Pela Figura 10, vemos que na suinocultura os principais produtores são também os maiores exportadores, especialmente Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Assim como nas exportações de carne bovina, é possível identificar saltos no volume exportado de carne suína após a mudança de *status* sanitário de alguns estados. Notadamente, Santa Catarina, Minas Gerais e Mato Grosso do Sul apresentaram crescimentos expressivos após estes eventos. No entanto, a mesma intensidade não é necessariamente observada nos demais estados exportadores.

Os gráficos apresentam indícios acerca de impactos positivos para as exportações em função da aquisição de um *status* sanitário superior por parte dos estados. No entanto,

Figura 10 – Evolução do volume das exportações de carne suína nos principais estados exportadores.



Fonte: Elaboração do autor com base nos dados da pesquisa.

é essencial lembrarmos da perspectiva histórica apresentada na Introdução deste trabalho. O Programa Hemisférico de Erradicação da Febre Aftosa (PHEFA), cujas diretrizes de atuação foram estabelecidas pelo Plano de Ação 1988-2009, definiu o objetivo de eliminar a febre aftosa do continente até 2009. Ainda que a meta não tenha sido alcançada no período previsto, o PHEFA viabilizou melhorias nos indicadores de produção animal e estabeleceu as bases sanitárias para apoiar o desenvolvimento do mercado exportador de carnes que crescia na região. No período, a América do Sul se tornou a maior provedora de produtos cárneos do mundo e o Brasil se tornou o maior exportador de carne bovina (NARANJO; COSIVI, 2013; QUEIROZ, 2015). Por estes motivos, não é trivial afirmar que a mudança de *status* tenha sido exclusivamente o evento que impulsionou as exportações brasileiras, como pode ficar pretendido pelos gráficos.

5.2 Balanceamento por entropia

Para que a determinação do impacto da erradicação da febre aftosa seja adequada, foi necessário garantir que a comparação entre os grupos de tratamento e de controle fosse confiável. Algumas abordagens estatísticas de pareamento são propostas pela literatura, mas

adotamos a estratégia de Balanceamento por Entropia, apresentada por [Hainmueller \(2012\)](#). Os resultados do procedimento são apresentados nas Tabelas 13 e 14, nos Apêndices. De modo geral, as estatísticas descritivas dos grupos de tratamento e de controle apresentaram bastante diferença. Após o procedimento, executado para o primeiro momento de cada variável, pode-se notar o correto ajustamento pelas médias das variáveis. Dessa forma, existe um contrafactual muito semelhante para cada grupo de tratamento. O grupo contrafactual obtido por meio do balanceamento por entropia foi utilizado na especificação dos modelos, cujos resultados das estimativas são apresentados a seguir.

5.3 Impactos do reconhecimento da erradicação de febre aftosa no Brasil

Para quantificar os impactos da erradicação da febre aftosa, quatro especificações da equação (1) foram estimadas. Nas subseções 5.3.1 e 5.3.2 são apresentados os resultados de impacto sobre as exportações de carne bovina e suína e sobre renda agrícola, respectivamente. Em cada subseção, são apresentados os resultados dos impactos do reconhecimento de zona livre com prática de vacinação e sem prática de vacinação. Os períodos de tratamento e os estados tratados foram construídos conforme os eventos descritos nas Tabelas 2 e 3.

Nas subseções a seguir, na segunda coluna de cada tabela está a especificação 1, na qual nenhum controle adicional ou procedimento econométrico foi considerado além das variáveis explicativas. No modelo 2, foram adicionados controles por efeitos fixos de estados e de ano. A estes controles soma-se, na especificação 3, uma tendência linear específica para cada estado. Por fim, o modelo 4 considera o pareamento dos estados segundo ponderação obtida por meio do balanceamento por entropia, além dos controles anteriores. A evolução dos controles se repete nas especificações 5 a 8, porém o impacto se refere ao impacto do *status* de livre sem vacinação, enquanto nas especificações anteriores o impacto se referia ao *status* de livre com vacinação.

5.3.1 Impacto sobre as exportações de carne bovina e sobre as exportações de carne suína

De acordo com resultados da Tabela 8, a especificação 1, somente com as variáveis explicativas, indicou impactos positivos e estatisticamente significativos da erradicação da febre aftosa sobre as exportações de carne bovina. No painel A, tem-se um aumento de 170% nos preços da carne exportada ao nível de 1% de significância. No painel B, ao mesmo nível de 1%, a estimativa aponta um crescimento de 242% no volume de carne exportada. No entanto, a partir do momento em que controles adicionais foram incluídos nas equações, os coeficientes deixaram de ser significativos.

Tabela 8 – Impactos da aquisição do *status* de livre de febre aftosa, com e sem prática de vacinação, sobre as exportações brasileiras de carne bovina.

	Com vacinação				Sem vacinação			
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Painel A: log do preço das exportações de carne bovina								
Livre de febre aftosa	1,70***	-0,80	-0,45	-0,99	1,12	-0,19	0,78	0,03
	(0,47)	(0,56)	(0,53)	(0,92)	(0,58)	(0,63)	(0,65)	(0,14)
R^2	0,40	0,74	0,76	0,80	0,37	0,74	0,76	0,77
Número de observações	289	289	289	289	289	289	289	289
Painel B: log da quantidade de carne bovina exportada								
Livre de febre aftosa	2,42***	0,64	0,77	0,49	0,47	0,54	0,86	0,94
	(0,52)	(0,55)	(0,60)	(0,53)	(0,79)	(0,75)	(0,72)	(0,63)
R^2	0,62	0,89	0,89	0,91	0,58	0,89	0,89	0,89
Número de observações	289	289	289	289	289	289	289	289
Efeitos fixos de estados	Não	Sim	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Sim
Efeitos fixos de ano	Não	Sim	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Sim
Tendência específica de estados	Não	Não	Sim	Sim	Não	Não	Sim	Sim
Balanceamento por entropia	Não	Não	Não	Sim	Não	Não	Não	Sim

Source: Elaboração dos autores com base nos dados da pesquisa.

Note: ***, **, e * = $p < 0.01$, $p < 0.05$ e $p < 0.1$, respectivamente. Erros-padrão estimados por *bootstrap*.

Os modelos 2 e 3 acrescentam os efeitos fixos e a tendência específica de cada estado à especificação 1 e os coeficientes de interesse não foram significativo. Isso quer dizer que o coeficiente significativo do modelo 1 é viesado por características não mensuráveis associadas aos estados e, ou, ao período de análise. A quarta especificação indica que o impacto não foi significativo mesmo quando os grupos de comparação foram balanceados por suas médias. As últimas quatro colunas da tabela mostram os impactos da aquisição do *status* de estado livre sem a prática de vacinação. Neste caso, diferentemente dos modelos para o *status* de livre com vacinação, nenhuma das quatro especificações foi estatisticamente significativa ao nível de 10%.

A Tabela 9 apresenta a análise para as exportações de carne suína. Conforme analisado na subseção 5.1, a análise descritiva dos dados mostra que a estrutura da suinocultura e os estados mais representativos do setor são diferentes do que se observa na bovinocultura. Ainda assim, os resultados dos modelos se comportaram de maneira muito semelhante. No painel A, a primeira especificação do modelo indica aumento de 208% nos preços da carne exportada advindo do *status* de livre com vacinação, a 10% de significância.

Com a inclusão dos efeitos fixos, da tendência por estados e com o balanceamento por entropia, os coeficientes deixaram de ser significativos.

Tabela 9 – Impactos da aquisição do *status* de livre de febre aftosa, com e sem prática de vacinação, sobre as exportações brasileiras de carne suína.

	Com vacinação				Sem vacinação			
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Painel A: log do preço das exportações de carne suína								
Livre de febre aftosa	2,08*	0,83	0,90	0,28	-0,13	-0,03	0,11	-0,02
	(0,81)	(1,05)	(1,08)	(0,70)	(0,49)	(0,65)	(0,53)	(0,10)
R^2	0,21	0,70	0,73	0,76	0,16	0,70	0,73	0,88
Número de observações	160	160	160	160	160	160	160	159
Painel B: log da quantidade de carne suína exportada								
Livre de febre aftosa	3,54**	0,80	0,87	-0,03	-0,36	-0,79	-0,65	-0,75
	(1,24)	(1,03)	(1,01)	(1,12)	(0,86)	(0,54)	(0,51)	(0,39)
R^2	0,42	0,89	0,90	0,94	0,35	0,88	0,9	0,94
Número de observações	160	160	160	160	160	160	160	160
Efeitos fixos de estados	Não	Sim	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Sim
Efeitos fixos de ano	Não	Sim	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Sim
Tendência específica de estados	Não	Não	Sim	Sim	Não	Não	Sim	Sim
Balanceamento por entropia	Não	Não	Não	Sim	Não	Não	Não	Sim

Source: Elaboração dos autores com base nos dados da pesquisa.

Note: ***, **, e * = $p < 0.01$, $p < 0.05$ e $p < 0.1$, respectivamente. Erros-padrão estimados por *bootstrap*.

No painel B, os resultados do impacto do *status* de livre com vacinação seguiram o mesmo padrão. Ao nível de 5% de significância, a equação 1 indicou aumento de 354% na quantidade de carne exportada, mas os coeficientes não se mostraram significativos nas demais especificações. Os resultados também não indicaram impacto significativo do reconhecimento de zona livre sem a prática de vacinação nas regressões para o preço e para o volume das exportações de carne suína.

5.3.2 Impactos sobre a renda agrícola

A Tabela 10 completa a apresentação dos resultados do trabalho. Neste caso, a hipótese testada foi a de que o reconhecimento de livre de febre aftosa obtido internacionalmente acarretou em aumento da renda agrícola. Assim como nas estimativas para as exportações, a hipótese de impacto positivo e significativo na renda não foi confirmada.

Tabela 10 – Impactos da aquisição do *status* de livre de febre aftosa, com e sem prática de vacinação, sobre a renda agrícola.

	Com vacinação				Sem vacinação			
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Livre de febre aftosa	0,69** (0,23)	0,04 (0,07)	0,06 (0,07)	-0,06 (0,07)	-0,24 (0,19)	-0,12 (0,09)	-0,06 (0,09)	0,04 (0,26)
R^2	0,22	0,97	0,97	0,99	0,20	0,97	0,97	1,00
Número de observações	459	459	459	459	459	459	459	459
Efeitos fixos de estados	Não	Sim	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Sim
Efeitos fixos de ano	Não	Sim	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Sim
Tendência específica de estados	Não	Não	Sim	Sim	Não	Não	Sim	Sim
Balanceamento por entropia	Não	Não	Não	Sim	Não	Não	Não	Sim

Source: Elaboração dos autores com base nos dados da pesquisa.

Note: ***, **, e * = $p < 0.01$, $p < 0.05$ e $p < 0.1$, respectivamente. Erros-padrão estimados por *bootstrap*. A variável independente é o logaritmo natural da renda agrícola.

Novamente, como observado nos resultados anteriores, a estimativa básica sugere existência de impacto. Pela regressão 1, a renda agrícola teria crescido 69% em função da obtenção do *status* de zona livre com aplicação de vacinação. No entanto, a adição de controles adicionais para captar fatores não mensuráveis fez com que o impacto na renda se tornasse não significativo. O impacto do reconhecimento de zona livre sem vacinação também não foi significativo.

5.4 Discussão

Nossos resultados sugerem que os estados brasileiros reconhecidos como livres de febre aftosa não tiveram desempenho melhor nas exportações de carne bovina e suína do que os estados que ainda não haviam conseguido comprovar a erradicação da doença em seus territórios. Os dados também indicam que a renda agrícola gerada por esses estados não foi maior do que seria caso o reconhecimento da OIE não tivesse sido concedido. Esses resultados contrariam a hipótese de que a eliminação da febre aftosa, por possibilitar o acesso a mercados mais exigentes e com preços mais elevados, causou impactos positivos nas exportações de carne dos estados que tiveram sucesso na erradicação da doença.

Apesar de a literatura que trata especificamente desse problema ser escassa, o nosso resultado diverge do que foi encontrado em [Ekboir et al. \(2002\)](#) e [Jarvis et al. \(2005\)](#). Uma explicação para a diferença nos resultados pode ser encontrada na escolha da estratégia metodológica de cada trabalho. Uma das diferenças para o trabalho de [Ekboir](#)

[et al. \(2002\)](#), é que eles realizaram uma projeção de longo prazo sobre como o mercado internacional de carne bovina se ajustaria após a erradicação da febre aftosa. Um dos pressupostos dos autores foi o fato de que o Acordo SPS, da OMC, prevê que países livres somente podem importar produtores alimentares de outros países com o mesmo *status*. No entanto, a autorização de comércio entre países não significa, necessariamente, que ele vá se concretizar. Como analisamos, de fato, eventos de erradicação da febre aftosa nos estados brasileiros, é compreensível que os resultados não sejam convergentes.

Nosso estudo se difere do de [Jarvis et al. \(2005\)](#) especialmente pela abrangência. Durante o período de análise do estudo, somente uma parte dos reconhecimentos concedidos pela OIE a estados brasileiros haviam ocorrido. Além disso, o estudo contempla sete países exportadores, o que faz com que as variáveis selecionadas para compor o estudo sejam diferentes. Nossa pesquisa avaliou somente os impactos sobre o Brasil e abrangeu as notificações de erradicação da febre aftosa de 1998 a 2016. Além disso, utilizamos procedimentos econométricos para eliminar - ou tentar minimizar - o viés dos estimadores, como os efeitos fixos. Não encontramos trabalhos semelhantes que analisem as exportações de carne suína para comparar os nossos resultados.

Nosso resultado traz implicações práticas para a condução da política sanitária no Brasil. Um dos principais argumentos econômicos que sempre embasou os planos de combate à febre aftosa é de que os impactos nas exportações seriam significativos. No entanto, essa causalidade não se mostrou clara nessa pesquisa. É importante considerar essas informações para a tomada de decisões que envolvam os próximos passos do PNEFA. De acordo com o cronograma do Programa, todos os estados devem suspender a vacinação até o ano de 2026. Os nossos resultados podem ser levados em consideração para reavaliar o custo-benefício dessa meta.

No estado do Paraná, por exemplo, a manutenção e a aplicação de vacinas contra a febre aftosa estão proibidas desde 31 de outubro de 2019 ([BRASIL, 2019](#)). O passo seguinte será pleitear à OIE o reconhecimento internacional de estado livre sem vacinação. Conforme nota da Agência de Defesa Agropecuária do Paraná (ADAPAR), a expectativa é de que as exportações de carne suína dobrem em quantidade com a conquista do novo *status* sanitário ([ADAPAR, 2019](#)). A suspensão da vacinação em Santa Catarina não causou os impactos esperados nas exportações do estado, tampouco na geração da renda agrícola. Sabendo da possibilidade de as exportações dos demais estados não crescerem conforme a expectativa, os riscos de reintrodução do vírus e os benefícios da proibição da vacinação podem ser revistos.

De acordo com as características do problema investigado nessa pesquisa, devemos mencionar algumas limitações dos nossos resultados. Em função do longo período analisado, nos deparamos com interrupções na cobertura de algumas variáveis. As variáveis de abate de animais por estado, divulgada pelo IBGE, por exemplo, foi interrompida entre 1970

e 1997. Por isso, foi necessário integrar variáveis de fontes diferentes. Outra limitação encontrada foi o encadeamento da série histórica do PIB. Em 2010, houve uma mudança de metodologia no cálculo do PIB e, mesmo após entrarmos em contato com o departamento de estatísticas do IBGE, não foi possível converter os dados para que representassem a mesma metodologia. Optamos por utilizar uma variável *dummy* para indicar o ano de mudança da metodologia, que foi aplicada para todos os estados.

6 Conclusão

A erradicação de uma doença infecciosa é um objetivo relevante para um país, especialmente se tratando de uma patologia com impactos tão graves para a cadeia produtiva e para o bem-estar animal como é a febre aftosa. Pela perspectiva do bem público, a garantia da saúde animal deve trazer benefícios coletivos que não seriam alcançados somente pelo investimento privado individual. Os benefícios do controle da doença incluem o aumento da produção e da produtividade, redução da perda de rebanho por abate sanitário, melhor aproveitamento de carcaça e melhora da condição socioeconômica dos produtores. Para agregar novas percepções à literatura existente, investigamos se existem benefícios adicionais decorrentes da provisão de saúde animal.

Essa pesquisa buscou analisar e quantificar os impactos da erradicação da febre aftosa sobre as exportações de carne bovina e suína, além dos impactos sobre a geração de renda agrícola. Por meio de um modelo econométrico de diferença em diferenças, estimou-se quais foram esses impactos em cada uma das situações em que um estado brasileiro obteve o reconhecimento internacional de erradicação da doença. Com base nos resultados obtidos, pode ser concluído que a conquista de um *status* sanitário livre da febre aftosa não causará, necessariamente, crescimento nas exportações, aumento de preços dos produtos exportados ou maior renda. Posto de outra forma, a erradicação da febre aftosa é um fator necessário para o acesso aos mercados mais exigentes, mas não uma condição suficiente.

Embora as características dessa pesquisa limitem a generalização dos resultados para outros países ou outras doenças, os resultados trazem novas diretrizes para os formuladores de política agrícola do Brasil, pois ainda que a febre aftosa seja um impeditivo às exportações para os países livres, a sua eliminação não garantiu a reversão imediata dessa situação. Além de trazer esclarecimentos sobre o tema, esse estudo levanta o questionamento sobre quais outras medidas podem ser necessárias para garantir a mudança no perfil exportador do país. Pesquisas futuras podem endereçar a investigação sobre essas medidas, isto é, sobre os determinantes de acesso aos mercados importadores mais exigentes e melhores pagadores. Tais determinantes podem incluir, entre outros, a identificação animal e a rastreabilidade desde o seu nascimento até o consumidor final, tipos específicos de sistemas produtivos e qualidade da carne.

Este trabalho preenche uma lacuna importante no estoque de conhecimento existente sobre o tema. Os estudos empíricos sobre impactos econômicos da febre aftosa podem ser divididos, grosso modo, entre estimativas de prejuízos causados por surtos ocorridos em data passada e projeções de perdas/benefícios resultantes de surtos/erradicação da doença. Pesquisas como esta dissertação, que se voltaram para quantificar os benefícios de situações em que a erradicação da febre aftosa realmente ocorreu, são escassas. Os resultados encontrados também agregam valor em relação ao disponível em estudos semelhantes. Primeiro, foi analisado um período muito mais longo que os outros artigos. Em segundo, foi

utilizada uma estratégia econométrica de avaliação de impactos não observada na literatura que trata desse problema de pesquisa. Em terceiro, problemas de compatibilidade entre os grupos comparados foram endereçados por meio de um balanceamento por entropia. Por fim, buscou-se solucionar os problemas de correlação espacial e serial por meio da inclusão de efeitos fixos e tendências específicas para cada estado.

Os resultados da dissertação motivaram reflexões acerca de quais políticas poderiam ser adotadas ou adaptadas sob esta nova perspectiva. Em relação à vigilância sanitária, é essencial que políticas de conscientização dos produtores sobre prevenção, identificação e notificação de doenças animais sejam reforçadas e mantidas. Este fato é de extrema relevância no caso da febre aftosa, pois a reintrodução da doença pode trazer prejuízos elevados e exigir muito tempo para a recuperação do setor.

Como os resultados não indicaram impacto positivo e significativo advindo do reconhecimento internacional dos estados brasileiros como zonas livres de febre aftosa sem prática de vacinação, sugere-se que o MAPA, por meio da Secretaria de Defesa Agropecuária (SDA), juntamente com os demais envolvidos no PNEFA (Serviço Veterinário Oficial (SVO), representantes do setor privado e de produtores rurais e agentes políticos) revisem o cronograma do Plano, que prevê a proibição da vacinação em território nacional em 2021. O cronograma só deve ser mantido se, de fato, a suspensão da vacinação não apresentar riscos de reintrodução do vírus.

Considerando que há outros fatores necessários para a expansão das exportações de carne para mercados mais exigentes, é igualmente importante que políticas públicas sejam desenvolvidas e endereçadas a estes temas. Um destes fatores é a identificação do animal ao nascer e o seu rastreamento ao longo da vida. A rastreabilidade, além de ser importante no processo de identificação da origem de doenças, é relevante para sinalizar sobre a qualidade e sustentabilidade do produto e evitar que consumidores adquiram produtos fraudulentos ou de origem ilegal. Atualmente, exportadores de carne para a União Europeia são obrigados a seguir regras específicas de rastreabilidade, mas produtores e frigoríficos de menor escala poderiam ser incentivados a adotar práticas semelhantes.

No longo prazo, a adoção de políticas como estas pode levar ao desenvolvimento ainda maior do setor agropecuário e elevar o padrão de qualidade da carne brasileira. Tais melhorias, somadas ao *status* sanitário do Brasil de livre de febre aftosa, podem levar a impactos socioeconômicos positivos e significativos.

Referências

- AGÊNCIA DE DEFESA AGROPECUÁRIA DO PARANÁ. *Estudo aponta cenários para área livre de aftosa sem vacinação*. Paraná, 2019. Disponível em: <<http://www.adapar.pr.gov.br/2019/3/501/Estudo-aponta-cenarios-para-area-livre-de-aftosa-sem-vacinacao.html>>. 54
- ALEXANDERSEN, S.; ZHANG, Z.; DONALDSON, A.; GARLAND, A. The pathogenesis and diagnosis of foot-and-mouth disease. *Journal of comparative pathology*, Elsevier, v. 129, n. 1, p. 1–36, 2003. 14
- ANUALPEC: Anuário da pecuária brasileira. 5. ed. [S.l.]: Informa Economics FNP, 1998. 43
- ANUALPEC: Anuário da pecuária brasileira. 8. ed. [S.l.]: Informa Economics FNP, 2001. 43
- ANUALPEC: Anuário da pecuária brasileira. 9. ed. [S.l.]: Informa Economics FNP, 2002. 43
- ANUALPEC: Anuário da pecuária brasileira. 14. ed. [S.l.]: Informa Economics FNP, 2007. 43
- ANUALPEC: Anuário da pecuária brasileira. 15. ed. [S.l.]: Informa Economics FNP, 2008. 43
- ANUALPEC: Anuário da pecuária brasileira. 23. ed. [S.l.]: Informa Economics FNP, 2016. 43
- ASSIS, D. R.; REZENDE-LAGO, N. C. M.; MARCHI, P. G. F.; D'AMATO, C. C. Perdas diretas ocasionadas por abscessos e hematomas em carcaças de bovinos. *Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias*, v. 106, n. 577-580, p. 47–51, 2011. 25, 27
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS EXPORTADORAS DE CARNE (ABIEC). *Beef Report: Perfil da pecuária no Brasil*. São Paulo, 2019. 49 p. Disponível em: <<http://www.abiec.com.br/control/upload/arquivos/sumario2019portugues.pdf>>. Acesso em: 14 de janeiro de 2020. 15
- BERTRAND, M.; DUFLO, E.; MULLAINATHAN, S. How much should we trust differences-in-differences estimates? *The Quarterly journal of economics*, MIT Press, v. 119, n. 1, p. 249–275, 2004. 40
- BLAKE, A.; SINCLAIR, M. T.; SUGIYARTO, G. Quantifying the impact of foot and mouth disease on tourism and the UK economy. *Tourism Economics*, SAGE Publications, v. 9, n. 4, p. 449–465, dec 2003. 26
- BONITA, R.; BEAGLEHOLE, R.; KJELLSTRÖM, T. *Epidemiologia básica*. 2ª ed.. ed. São Paulo, Santos: Organização Mundial da Saúde, 2010. 213 p. ISBN 9788572888394. 17
- BRASIL. *Plano de controle e erradicação da febre aftosa - PNCF: Segunda etapa - 1983/1987*. Brasília, 1983. 14, 18, 19, 71

- BRASIL. *Revisão da política e estratégias de combate à febre aftosa implantadas pelo projeto de controle das doenças dos animais*. Brasília: MAPA, 1992. 20
- BRASIL. Portaria nº 121, de 29 de março de 1993. Brasília, 1993. Disponível em: <http://www.lex.com.br/doc_347366_PORTARIA_N_121_DE_29_DE_MARCO_DE_1993.aspx>. Acesso em: 20 de maio de 2019. 20
- BRASIL. Portaria nº 194, de 29 de novembro de 1994. Brasília, 1994. Disponível em: <<https://www.defesa.agricultura.sp.gov.br/legislacoes/portaria-sda-194-de-29-11-1994,36.html>>. Acesso em: 08 de janeiro de 2020. 21
- BRASIL. Instrução normativa nº 44, de 02 de outubro de 2007. Brasília, 2007. 22
- BRASIL. *Relatório Anual do Programa Nacional de Erradicação e Prevenção da Febre Aftosa - PNEFA*. Brasília, 2007. 22
- BRASIL. *Programa Nacional de Erradicação e Prevenção da Febre Aftosa: Plano de ação 2017-2026*. Brasília, 2017. 23, 38
- BRASIL. *Evolução das zonas livres de febre aftosa no Brasil*. Brasília, 2018. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/saude-animal-e-vegetal/saude-animal/programas-de-saude-animal/febre-aftosa/mapa-da-aftosa>>. Acesso em: 15 de outubro de 2019. 23
- BRASIL. Instrução normativa nº 47, de 15 de outubro de 2019. Brasília, 2019. Disponível em: <http://lexmagister.com.br/legis_27895895_INSTRUCAO_NORMATIVA_N_47_DE_15_DE_OUTUBRO_DE_2019.aspx>. Acesso em: 18 de outubro de 2019. 54
- BUETRE, B.; WICKS, S.; KRUGER, H.; MILLIST, N.; YAINSHET, A.; GARNER, G.; DUNCAN, A.; ABDALLA, A.; TRESTRAIL, C.; HATT, M.; THOMPSON, L.; MICHAELSYMES. Potential socio-economic impacts of an outbreak of foot-and-mouth disease in australia. *Research report 13.11*, Australian Bureau of Agricultural and Resource Economics and Sciences, 2013. Disponível em: <https://www.agriculture.gov.au/sites/default/files/abares/documents/RR13.11PotSocEcoImpctOfFMD_v1.0.0.pdf>. 15, 28
- CARPENTER, T. E.; O'BRIEN, J. M.; HAGERMAN, A. D.; MCCARL, B. A. Epidemic and economic impacts of delayed detection of foot-and-mouth disease: A case study of a simulated outbreak in california. *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation*, SAGE Publications, v. 23, n. 1, p. 26–33, jan 2011. 15, 28
- EKBOIR, J.; JARVIS, L. S.; SUMNER, D. A.; BERVEJILLO, J. E.; SUTTON, W. R. Changes in foot and mouth disease status and evolving world beef markets. *Agribusiness: An International Journal*, Wiley Online Library, v. 18, n. 2, p. 213–229, 2002. 26, 53, 54
- EKBOIR, J. M. The role of the public sector in the development and implementation of animal health policies. *Preventive Veterinary Medicine*, Elsevier, v. 40, n. 2, p. 101–115, 1999. 36, 37, 38
- FAREZ, S.; MORLEY, R. Potential animal health hazards of pork and pork products. *Revue scientifique et technique-Office international des Epizooties*, Organização Mundial para a Saúde Animal (OIE), v. 16, p. 65–78, 1997. 15

- FARIA, R. N. d.; BURNQUIST, H. L. et al. Impactos da febre aftosa no setor de abate de animais: Uma análise de equilíbrio geral. In: SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL (SOBER). *44th Congress, July 23-27, 2006, Fortaleza, Ceará, Brazil*. [S.l.], 2006. 24, 26
- FILHO, A.; ALVES, G. Guimarães; MESQUITA, A.; CHIQUETTO, C. E.; BUENO, C. P.; OLIVEIRA, A. S. C. Perdas econômicas por abscessos vacinais e/ou medicamentosos em carcaças de bovinos abatidos no estado de Goiás. *Ciência Animal Brasileira*, v. 7, p. 93–96, 10 2006. 25, 27
- GARCIA, D. C. C.; SÁ, C. V. G. C. de; MCMANUS, C. M.; MELO, C. B. de. Impactos do surto de febre aftosa de 2005 sobre as exportações de carne bovina brasileira. *Ciência Animal Brasileira*, v. 16, n. 4, p. 525–537, 2015. 15, 24, 28
- GEORGE, M. H.; MORGAN, J. B.; GLOCK, R. D.; TATUM, J. D.; SCHMIDT, G. R.; SOFOS, J. N.; COWMAN, G. L.; SMITH, G. C. Injection-site lesions: incidence, tissue histology, collagen concentration, and muscle tenderness in beef rounds. *Journal of Animal Science*, v. 73, n. 12, p. 3510–3518, 12 1995. 24
- GERTLER, P. J.; MARTINEZ, S.; PREMAND, P.; RAWLINGS, L. B.; VERMEERSCH, C. M. J. *Impact Evaluation in Practice*. 2. ed. Washington, DC: Banco Mundial, 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1596/978-1-4648-0779-4>>. 41
- HAINMUELLER, J. Entropy balancing for causal effects: A multivariate reweighting method to produce balanced samples in observational studies. *Political Analysis*, Cambridge University Press, v. 20, n. 1, p. 25–46, 2012. 42, 50
- HAINMUELLER, J.; XU, Y. ebalance: A stata package for entropy balancing. *Journal of Statistical Software*, v. 54, n. 7, 2013. 42
- HOLDEN, S. The economics of the delivery of veterinary services. *Revue scientifique et technique-Office International des Epizooties*, Paris: L'Office, 1982-, v. 18, n. 2, p. 425–439, 1999. 31, 32, 33
- JAMES, A. D.; RUSHTON, J. The economics of foot and mouth disease. *Revue scientifique et technique-office international des epizooties*, Organização Mundial para a Saúde Animal (OIE), v. 21, n. 3, p. 637–641, 2002. 14
- JARVIS, L. S.; CANCINO, J. P.; BERVEJILLO, J. E. et al. The effect of foot and mouth disease on trade and prices in international beef markets. In: *American Agricultural Economics Association Annual Meeting, Providence, Rhode Island*. [S.l.: s.n.], 2005. 15, 26, 53, 54
- KNIGHT-JONES, T.; RUSHTON, J. The economic impacts of foot and mouth disease—what are they, how big are they and where do they occur? *Preventive veterinary medicine*, Elsevier, v. 112, n. 3-4, p. 161–173, 2013. 14
- LEAL, P.; PUPIN, R.; SANTOS, A. C.; FACCIN, T.; SURDI, E.; LEAL, C.; BRUMATTI, R.; LEMOS, R. Estimativas de perdas econômicas causadas por reação granulomatosa local após uso de vacina oleosa contra febre aftosa em bovinos de mato grosso do sul. *Pesquisa Veterinária Brasileira*, v. 34, p. 738–742, 08 2014. 25, 28

LYRA, T. A febre aftosa no brasil 1960 a 2002. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v. 56, p. 565–576, 2004. 15, 17, 18

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. *Sistema Nacional de Informação Zoossanitária*. [S.l.], 2019. Disponível em: <<http://indicadores.agricultura.gov.br/saudeanimal/index.htm>>. Acesso em: 10 de novembro de 2019. 18

MORAES, G. M. de. *Estudos epidemiológicos para fundamentar a implantação de zonas livres de febre aftosa no Brasil*. Tese (Doutorado em Saúde Animal) — Universidade de Brasília, Brasília, 2018. Disponível em: <<http://repositorio.unb.br/handle/10482/34020>>. 15, 17, 20

MORAES, G. M. de; BRISOLA, M. V.; GONÇALVES, V. S. P. a. Os circuitos pecuários e a febre aftosa no brasil: uma análise histórico-institucional. *Savannah Journal of Research and Development*, v. 1, n. 1, p. 39–47, 2017. 15, 21

NARANJO, J.; COSIVI, O. Elimination of foot-and-mouth disease in south america: lessons and challenges. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, The Royal Society, v. 368, n. 1623, p. 20120381, aug 2013. 17, 20, 49

OLEKSIEWICZ, M. B.; DONALDSON, A. I.; ALEXANDERSEN, S. Development of a novel real-time rt-pcr assay for quantitation of foot-and-mouth disease virus in diverse porcine tissues. *Journal of virological methods*, Elsevier, v. 92, n. 1, p. 23–35, 2001. 15

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA ALIMENTAÇÃO E AGRICULTURA (FAO). *Economic analysis of animal diseases*. Roma, 2016. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/a-i5512e.pdf>>. 34

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE ANIMAL (OIE). *Terrestrial Animal Health Code*. 28. ed. Paris, 2019. Disponível em: <<https://www.oie.int/standard-setting/terrestrial-code/access-online>>. 21

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DO COMÉRCIO (OMC). *Agreement on the application of sanitary and phytosanitary measures*. [S.l.], 1995. 16 p. Disponível em: <https://www.wto.org/english/docs_e/legal_e/15-sps.pdf>. 21

OTUKI, T. F.; WEYDMANN, C. L.; SEABRA, F. Febre aftosa e volatilidade dos preços do produtor de carne suína. *Revista de Economia e Agronegócio*, v. 7, n. 2, 2009. 15, 24, 27

PAARLBERG, P. L.; LEE, J. G.; SEITZINGER, A. H. Potential revenue impact of an outbreak of foot-and-mouth disease in the united states. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, American Veterinary Medical Association (AVMA), v. 220, n. 7, p. 988–992, apr 2002. 26

PENDELL, D. L.; LEATHERMAN, J.; SCHROEDER, T. C.; ALWARD, G. S. The economic impacts of a foot-and-mouth disease outbreak: A regional analysis. *Journal of Agricultural and Applied Economics*, Cambridge University Press (CUP), v. 39, n. s1, p. 19–33, 2007. 15, 27

QUEIROZ, R. *Brasil de carne e osso: o sucesso da indústria exportadora de carne bovina brasileira*. São Paulo: Abook Editora, 2015. ISBN 9788586664373. 17, 20, 49

- RAMSAY, G.; PHILIP, P.; RIETHMULLER, P. The economic implications of animal diseases and disease control at the national level. *Revue scientifique et technique (International Office of Epizootics)*, v. 18, n. 2, p. 343–356, 1999. 32, 34
- RIVIERE-CINNAMOND, A. *A Public Choice Approach to the Economic Analysis of Animal Healthcare Systems*. [S.l.], 2004. 31, 32, 33
- ROH, J. S.; LIM, S. S.; ADAM, B. D. et al. The impact of foot-and-mouth disease (fmd) on hog, pork, and beef prices: the experience in korea. In: *NCCC-134 Conference, St. Louis, Missouri*. [S.l.: s.n.], 2006. 15, 27
- ROSENBAUM, P. R.; RUBIN, D. B. The central role of the propensity score in observational studies for causal effects. *Biometrika*, Oxford University Press, v. 70, n. 1, p. 41–55, 1983. 42
- SAMUELSON, P. A. The pure theory of public expenditure. *The review of economics and statistics*, JSTOR, p. 387–389, 1954. 30, 31
- STIGLITZ, J. E. *Economics of the Public Sector*. 3. ed. [S.l.]: W. W. Norton & Company, 2000. ISBN 0393966518. 30, 33, 36
- TISDELL, C. Economics of controlling livestock diseases: Basic theory. In: *The Economics of Animal Health and Production*. Londres: CAB International, 2009. p. 46–49. 35, 36
- UMALI, D. L.; FEDER, G.; HAAN, C. D. et al. *The balance between public and private sector activities in the delivery of livestock services*. Washington, 1992. 31
- VALENTE, L. C. M. *Determinantes econômicos da sanidade bovina*. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada) — Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009. Disponível em: <<http://www.locus.ufv.br/handle/123456789/27>>. 33

Apêndices

APÊNDICE A – Produtos considerados na construção das variáveis de exportação de carne bovina, conforme a Nomenclatura Comum do Mercosul (NCM).

NCM	Descrição do código NCM
02011000	Carcaças e meias-carcaças de animais da espécie bovina, frescas ou refrigeradas
02012010	Quartos dianteiros de animais da espécie bovina, frescas ou refrigeradas
02012020	Quartos traseiros de animais da espécie bovina, frescas ou refrigeradas
02012090	Outras peças não desossadas de animais da espécie bovina, frescas ou refrigeradas
02013000	Peças desossadas de animais da espécie bovina, frescas ou refrigeradas
02021000	Carcaças e meias-carcaças de animais da espécie bovina, congeladas
02022010	Quartos dianteiros de animais da espécie bovina, congelados
02022020	Quartos traseiros de animais da espécie bovina, congelados
02022090	Outras peças não desossadas de animais da espécie bovina, congeladas
02023000	Peças desossadas de animais da espécie bovina, congeladas
02061000	Miudezas comestíveis de animais das espécies bovina, frescas ou refrigeradas
02062100	Línguas de animais das espécies bovina, congeladas
02062200	Fígados de animais das espécies bovina, congeladas
02062910	Rabos de animais das espécies bovina, congeladas
02062990	Outras miudezas comestíveis de animais das espécies bovina, congeladas
02102000	Carnes e miudezas comestíveis de animais da espécie bovina, salgados ou defumados

Fonte: Elaboração do autor com dados da pesquisa.

APÊNDICE B – Produtos considerados na construção das variáveis de exportação de carne suína, conforme a Nomenclatura Comum do Mercosul (NCM).

NCM	Descrição do código NCM
02031100	Carcaças e meias-carcaças de animais da espécie suína, frescas ou refrigeradas
02031200	Pernas, pás e respectivos pedaços, não desossados, frescas ou refrigeradas
02031900	Outras carnes de animais da espécie suína, frescas, refrigeradas ou congeladas
02032100	Carcaças e meias-carcaças de animais da espécie suína, congeladas
02032200	Pernas, pás e respectivos pedaços, não desossados, congeladas
02032900	Outras carnes de animais da espécie suína, congeladas
02063000	Miudezas comestíveis de animais das espécies suína, frescas ou refrigeradas
02064100	Fígados de animais das espécies suína, congeladas
02064900	Outras miudezas comestíveis de animais das espécies suína, congeladas
02090011	Toucinho fresco, refrigerado ou congelado
02090019	Toucinho, outros tipos de conservação
02090021	Gordura de porco, fresca, refrigerada ou congelada
02090029	Gordura de porco, outros tipos de conservação
02101100	Pernas, pás e respectivos pedaços, não desossados, salgados ou defumados
02101200	Toucinhos entremeados e seus pedaços
02101900	Carnes e miudezas comestíveis de animais da espécie suína, salgados ou defumados

Fonte: Elaboração do autor com dados da pesquisa.

APÊNDICE C – Balanceamento por entropia do primeiro momento (média) das variáveis conforme a aquisição do *status* de livre de febre aftosa com prática de vacinação.

		Grupo de tratamento			Grupo de controle		
		Média	Variância	Assimetria	Média	Variância	Assimetria
Painel A: log do preço das exportações de carne bovina							
Antes	expobov_price_brl_ln	7,894	6,034	-2,844	5,236	15,46	-0,5712
	bovineslaughterweight__ln	5,246	0,00157	0,08435	5,257	0,003222	0,3461
	slaughteredcattle__ln	14,25	1,646	-1,615	13,8	1,155	-0,4565
	pibpercapita_ln_lag	2,128	1,126	-0,9702	1,238	0,8161	-0,02191
Depois	expobov_price_brl_ln	7,894	6,034	-2,844	7,894	6,032	-2,891
	bovineslaughterweight__ln	5,246	0,00157	0,08435	5,246	0,00157	-0,333
	slaughteredcattle__ln	14,25	1,646	-1,615	14,25	1,645	-1,155
	pibpercapita_ln_lag	2,128	1,126	-0,9702	2,127	1,125	-1,124
Painel B: log da quantidade de carne bovina exportada							
Antes	expobov_ton_ln	8,609	13,03	-1,169	4,516	15,79	0,04882
	bovineslaughterweight__ln	5,246	0,00157	0,08435	5,257	0,003222	0,3461
	slaughteredcattle__ln	14,25	1,646	-1,615	13,8	1,155	-0,4565
	pibpercapita_ln_lag	2,128	1,126	-0,9702	1,238	0,8161	-0,02191
Depois	expobov_ton_ln	8,609	13,03	-1,169	8,608	5,116	-1,064
	bovineslaughterweight__ln	5,246	0,00157	0,08435	5,246	0,001344	-0,2751
	slaughteredcattle__ln	14,25	1,646	-1,615	14,25	1,173	-0,6641
	pibpercapita_ln_lag	2,128	1,126	-0,9702	2,128	0,2289	-0,9217
Painel C: log do preço das exportações de carne suína							
Antes	exposwine_price_brl_ln	7,494	5,989	-2,703	5,038	15,06	-0,5438
	swineslaughterweight_ln	4,44	0,1711	-9,816	4,322	0,008332	-0,4113
	pibpercapita_ln_lag	2,154	1,036	-1,274	1,463	1,033	-0,6186
Depois	exposwine_price_brl_ln	7,494	5,989	-2,703	7,493	3,831	-3,518

Continuação.

		Média	Variância	Assimetria	Média	Variância	Assimetria
	swineslaughterweight_ln	4,44	0,1711	-9,816	4,44	0,001732	-2,009
	pibpercapita_ln_lag	2,154	1,036	-1,274	2,154	0,3008	-1,991
Painel D: log da quantidade de carne suína exportada							
Antes	exposwine_ton_ln	8,429	14,88	-1,162	3,601	14,03	0,4225
	swineslaughterweight_ln	4,44	0,1711	-9,816	4,322	0,008332	-0,4113
	pibpercapita_ln_lag	2,154	1,036	-1,274	1,463	1,033	-0,6186
Depois	exposwine_ton_ln	8,429	14,88	-1,162	8,428	2,33	-3,042
	swineslaughterweight_ln	4,44	0,1711	-9,816	4,44	0,0009999	-2,786
	pibpercapita_ln_lag	2,154	1,036	-1,274	2,154	0,173	-2,887
Painel E: log da renda agrícola							
Antes	pibagro_ln	8,205	1,747	-0,5351	6,909	2,18	-0,5804
	bovineslaughterweight__ln	5,242	0,001602	0,1922	5,244	0,00296	0,6185
	grains_productivity	2,878	822,507	0,1322	1,459	961,858	0,8123
	pibpercapita_ln_lag	2,084	1,11	-0,9343	1,345	0,7786	-0,3179
Depois	pibagro_ln	8,205	1,747	-0,5351	8,204	3,375	-1,099
	bovineslaughterweight__ln	5,242	0,001602	0,1922	5,242	0,001726	0,2654
	grains_productivity	2,878	822,507	0,1322	2,877	580,357	0,6129
	pibpercapita_ln_lag	2,084	1,11	-0,9343	2,083	0,2849	-1,407

Source: Elaboração dos autores com base nos dados da pesquisa.

Note: ***, **, e * = $p < 0.01$, $p < 0.05$ e $p < 0.1$, respectivamente.

APÊNDICE D – Balanceamento por entropia do primeiro momento (média) das variáveis conforme a aquisição do *status* de livre de febre aftosa sem prática de vacinação.

		Grupo de tratamento			Grupo de controle		
		Média	Variância	Assimetria	Média	Variância	Assimetria
Painel A: log do preço das exportações de carne bovina							
Antes	expobov_price_brl_ln	7,894	6,034	-2,844	5,236	15,46	-0,5712
	bovineslaughterweight__ln	5,246	0,00157	0,08435	5,257	0,003222	0,3461
	slaughteredcattle__ln	14,25	1,646	-1,615	13,8	1,155	-0,4565
	pibpercapita_ln_lag	2,128	1,126	-0,9702	1,238	0,8161	-0,02191
Depois	expobov_price_brl_ln	7,894	6,034	-2,844	7,894	6,032	-2,891
	bovineslaughterweight__ln	5,246	0,00157	0,08435	5,246	0,00157	-0,333
	slaughteredcattle__ln	14,25	1,646	-1,615	14,25	1,645	-1,155
	pibpercapita_ln_lag	2,128	1,126	-0,9702	2,127	1,125	-1,124
Painel B: log da quantidade de carne bovina exportada							
Antes	expobov_ton_ln	8,609	13,03	-1,169	4,516	15,79	0,04882
	bovineslaughterweight__ln	5,246	0,00157	0,08435	5,257	0,003222	0,3461
	slaughteredcattle__ln	14,25	1,646	-1,615	13,8	1,155	-0,4565
	pibpercapita_ln_lag	2,128	1,126	-0,9702	1,238	0,8161	-0,02191
Depois	expobov_ton_ln	8,609	13,03	-1,169	8,608	5,116	-1,064
	bovineslaughterweight__ln	5,246	0,00157	0,08435	5,246	0,001344	-0,2751
	slaughteredcattle__ln	14,25	1,646	-1,615	14,25	1,173	-0,6641
	pibpercapita_ln_lag	2,128	1,126	-0,9702	2,128	0,2289	-0,9217
Painel C: log do preço das exportações de carne suína							
Antes	exposwine_price_brl_ln	7,494	5,989	-2,703	5,038	15,06	-0,5438
	swineslaughterweight_ln	4,44	0,1711	-9,816	4,322	0,008332	-0,4113
	pibpercapita_ln_lag	2,154	1,036	-1,274	1,463	1,033	-0,6186
Depois	exposwine_price_brl_ln	7,494	5,989	-2,703	7,493	3,831	-3,518

Continuação.

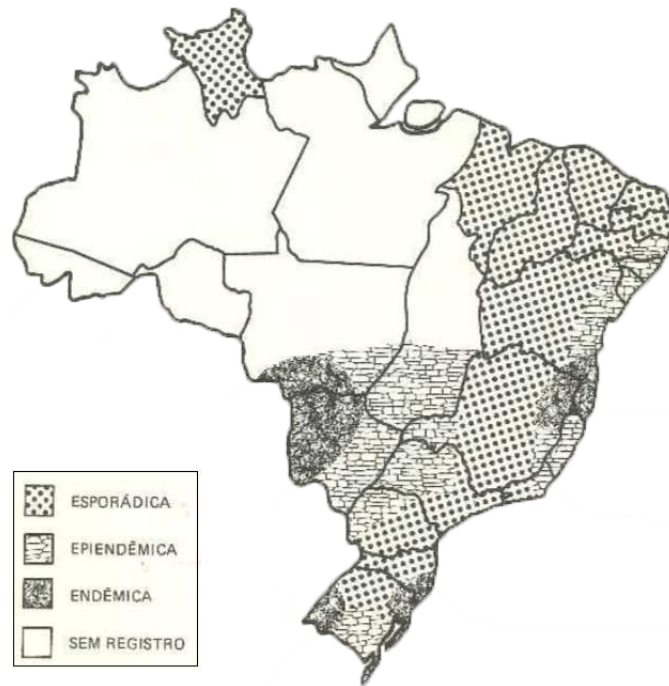
		Média	Variância	Assimetria	Média	Variância	Assimetria
	swineslaughterweight_ln	4,44	0,1711	-9,816	4,44	0,001732	-2,009
	pibpercapita_ln_lag	2,154	1,036	-1,274	2,154	0,3008	-1,991
Painel D: log da quantidade de carne suína exportada							
Antes	exposwine_ton_ln	8,429	14,88	-1,162	3,601	14,03	0,4225
	swineslaughterweight_ln	4,44	0,1711	-9,816	4,322	0,008332	-0,4113
	pibpercapita_ln_lag	2,154	1,036	-1,274	1,463	1,033	-0,6186
Depois	exposwine_ton_ln	8,429	14,88	-1,162	8,428	2,33	-3,042
	swineslaughterweight_ln	4,44	0,1711	-9,816	4,44	0,0009999	-2,786
	pibpercapita_ln_lag	2,154	1,036	-1,274	2,154	0,173	-2,887
Painel E: log da renda agrícola							
Antes	pibagro_ln	8,205	1,747	-0,5351	6,909	2,18	-0,5804
	bovineslaughterweight__ln	5,242	0,001602	0,1922	5,244	0,00296	0,6185
	grains_productivity	2,878	822,507	0,1322	1,459	961,858	0,8123
	pibpercapita_ln_lag	2,084	1,11	-0,9343	1,345	0,7786	-0,3179
Depois	pibagro_ln	8,205	1,747	-0,5351	8,204	3,375	-1,099
	bovineslaughterweight__ln	5,242	0,001602	0,1922	5,242	0,001726	0,2654
	grains_productivity	2,878	822,507	0,1322	2,877	580,357	0,6129
	pibpercapita_ln_lag	2,084	1,11	-0,9343	2,083	0,2849	-1,407

Source: Elaboração dos autores com base nos dados da pesquisa.

Note: ***, **, e * = $p < 0.01$, $p < 0.05$ e $p < 0.1$, respectivamente.

Anexos

ANEXO A – Mapa dos ecossistemas de febre aftosa no Brasil (1981).



Fonte: [Brasil \(1983\)](#)