UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE SAÚDE PÚBLICA

**Características do mercado mundial de carnes vermelhas: Evolução de
redes de comércio bilaterais e associação com indicadores de saúde em
nível populacional**

Amanda Dias Assoni

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-
Graduação em Nutrição em Saúde Pública para
obtenção do título de Mestre em Ciências.

Área de concentração: Nutrição em Saúde
Pública

Orientadora: Profa. Dra. Flavia Mori Sarti

São Paulo

2019

**Características do mercado mundial de carnes vermelhas: Evolução de
redes de comércio bilaterais e associação com indicadores de saúde em
nível populacional**

Amanda Dias Assoni

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-
Graduação em Nutrição em Saúde Pública para
obtenção do título de Mestre em Ciências.

Área de concentração: Nutrição em Saúde
Pública

Orientadora: Profa. Dra. Flavia Mori Sarti

Versão Revisada

São Paulo

2019

AGRADECIMENTOS

A presente dissertação de mestrado não poderia chegar a bom porto sem o precioso apoio de várias pessoas. Em primeiro lugar, não posso deixar de agradecer a minha orientadora, Professora Doutora Flavia Mori Sarti, por toda a paciência, empenho e orientação neste trabalho. Muito obrigada por me ter corrigido quando necessário sem nunca me desmotivar. Agradeço aos funcionários das bibliotecas da Faculdade de Saúde Pública, que foram sempre prestativos e simpáticos. Desejo igualmente agradecer a minha família, por todo apoio, amor e motivação. Esteve presente em todas as fases ao longo desses dois anos vividos, sempre me incentivando. Por último, quero agradecer aos meus amigos pelo apoio incondicional que me deram. Em especial ao meu amigo Vicente Sarubbi Junior, por todo aconselhamento, conversa e reflexões ao longo desse período. Ademais, ao meu amigo Reenan Scartezini Couto por desde o início ter me acompanhado neste sonho, me incentivando e estimulando a desenvolver um olhar mais crítico e reflexivo de mundo. Gratidão por terem sido amigos que me levantaram e me proporcionaram luz e paz quando necessitava.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

RESUMO

Assoni, AD. **Características do mercado mundial de carnes vermelhas: Evolução de redes de comércio bilaterais e associação com indicadores de saúde em nível populacional. [dissertação].** Programa de Pós-Graduação em Nutrição em Saúde Pública - Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2019.

Introdução. A partir do início dos anos 2010, os setores de produção de carne bovina e suína foram beneficiados por políticas de oferta de crédito subsidiado pelo governo brasileiro, sob justificativa de fortalecimento da indústria nacional no contexto de relações de comércio exterior. A atuação do governo resultou em incremento do grau de concentração de mercado em nível nacional, entretanto, há evidências contraditórias quanto aos efeitos do consumo de carnes vermelhas na saúde humana, suscitando várias discussões sobre produção, comércio e consumo de produtos cárneos. **Objetivo.** Descrever a evolução do mercado mundial de carnes vermelhas nas últimas décadas por meio de análise de redes complexas; assim como investigar a associação entre disponibilidade de calorias de alimentos de origem animal e especialmente calorias de carnes vermelhas em relação aos indicadores de saúde populacional. **Métodos.** Trata-se de estudo retrospectivo longitudinal ecológico, realizado por meio de análise de dados secundários de comércio bilateral em nível mundial da *Food and Agriculture Organization*, assim como identificação de associação entre disponibilidade de calorias de alimentos de origem animal e carnes vermelhas em relação a indicadores de saúde populacional em diferentes países, provenientes da *World Health Organization* (WHO) e *World Bank* (WB). **Resultados.** Observou-se aumento de comercialização de carne vermelha processada em 60% e de carne vermelha *in natura* em 55% nas redes de trocas bilaterais no mercado cárneo durante o período analisado (1961 a 2013). Da

mesma forma, notou-se crescimento em volume de carne vermelha *in natura* e processada comercializada no período, indicando maior participação do produto na economia mundial. Identificou-se maior associação positiva entre disponibilidade de calorias de carnes vermelhas e redução de anemia ferropriva entre crianças e mulheres em idade fértil, em comparação com calorias de alimentos de origem animal em geral. A disponibilidade de alimentos de origem animal apresentou maior associação positiva com redução de mortalidade infantil e elevação da expectativa de vida. Por outro lado, calorias de origem animal, assim como maior oferta de lipídios de origem animal, apresentaram associação direta com aumento mortalidade por doenças crônicas não transmissíveis, embora calorias provenientes de carnes vermelhas tenham apresentado associação contrária. **Conclusão.** Os dados mostram um crescimento substancial da comercialização e da importância da carne vermelha para economia e comércio mundial. Ademais, destaca-se diferença nas associações estabelecidas entre disponibilidade de calorias de origem animal e calorias provenientes de carne vermelha em relação aos indicadores de saúde. Apesar da polêmica envolvendo consumo de carnes, especialmente carnes vermelhas *in natura* e processadas, nota-se redução da ocorrência de anemia ferropriva e de mortalidade infantil, e melhora da expectativa de vida com aumento da oferta de calorias disponibilizadas na carne vermelha. Destaca-se também a importância de limites à ingestão de gordura de origem animal, tendo em vista que lipídeos de fontes animais apresentaram associação positiva com mortalidade por doenças crônicas não transmissíveis.

Palavras chave: carnes vermelhas, consumo alimentar, nutrição, doenças crônicas não transmissíveis, saúde pública, comércio internacional.

ABSTRACT

Assoni, AD. **Characteristics of the international market of red meats: Evolution of bilateral trade networks and association with health indicators at population level.** [dissertation]. São Paulo (BR): Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, 2019.

Introduction. The sectors of beef and pork production in Brazil have been benefited by subsidized credit policy of the Brazilian government from 2010 onwards, aimed at strengthening the national industry in the context of foreign trade relations. The government influence promoted a certain degree of market concentration occurred at national level; however, there is contradictory evidence regarding effects of red meat consumption in human health, raising several discussions on meat production, trade and consumption. **Objective.** To describe the evolution of worldwide trade of red meats during the last decades using complex networks analysis; and to investigate the association between availability of calories from animal source foods and especially calories from red meats in relation to population health indicators. **Methods.** Longitudinal ecological retrospective study, conducted through analysis of secondary data of bilateral trade worldwide from the Food and Agriculture Organization, and identification of association between availability of calories from animal source foods and red meats in relation to population health indicators from various countries, available from the World Health Organization (WHO) and the World Bank (WB). **Results.** There was an increase in commercialization of processed red meat by 60% and fresh red meat by 55% in bilateral trade networks during the period analyzed (1961-2013), indicating greater participation of the product in the world economy. There was higher positive association between availability of calories from red meats and

reduction of iron-deficiency anemia among children and women in reproductive age, compared with calories from animal food sources in general. The availability of animal source foods presented higher positive association with reduction of infant mortality and increase of life expectancy. On the other hand, availability of animal food source calories and animal food source fats presented direct association with increase in mortality due to chronic non-communicable diseases, whilst higher availability of red meat calories presented inverse association. **Conclusion.** The data showed noticeable growth in commercialization and importance of red meat for the world economy and international trade. In addition, there were differences in association between supply of calories from animal food sources and red meats in relation to health indicators. Although there is polemic referring to meats consumption, especially *in natura* and processed red meats, there was reduction in the occurrence of iron-deficiency anemia and infant mortality, as well as improvement in life expectancy with increased supply of calories from red meats. The importance of limiting animal fat intake is also emphasized, given that lipids from animal source foods presented positive association with mortality due to chronic non-communicable diseases.

Keywords: red meats, food consumption, nutrition, chronic non-communicable diseases, public health, international trade.

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	1
2.	OBJETIVOS	3
2.1.	Objetivo geral.....	3
2.2.	Objetivos específicos	3
3.	VALOR NUTRICIONAL E CONTROVÉRSIAS NO CONSUMO DE CARNES VERMELHAS	4
4.	MERCADO DE PRODUTOS CÁRNEOS NO BRASIL E NO MUNDO	8
5.	UTILIZAÇÃO DE ANÁLISE DE REDES COMPLEXAS	12
6.	MATERIAL E MÉTODOS	15
6.1.	Delineamento do estudo.....	15
6.2.	Vertentes de análise	15
6.2.1.	Análise de redes complexas	15
6.2.2.	Análise de regressão.....	18
6.3.	Aspectos éticos.....	21
7.	RESULTADOS.....	22
7.1.	Análise de redes complexas do comércio mundial de carnes	22
7.2.	Associação entre consumo de carnes e indicadores de saúde populacional ..	36
8.	DISCUSSÃO	45
8.1.	Análise de redes complexas do comércio mundial de carnes	45
8.2.	Associação entre consumo de carnes e indicadores de saúde populacional ..	48
8.2.1.	Anemia entre mulheres e crianças.....	49
8.2.2.	Mortalidade infantil.....	50
8.2.3.	Expectativa de vida	51
8.2.4.	Doenças Crônicas não Transmissíveis (DCNT).....	52
9.	CONCLUSÃO	55
10.	REFERÊNCIAS.....	56
	ANEXO	73

LISTA DE GRÁFICOS

vi

- Gráfico 1.** Distribuição do consumo alimentar entre grupos de alimentos (kg per capita por ano) e projeção de incremento (%), segundo grupos de países. 2013-2015 e 2025..... 9
- Gráfico 2.** Evolução do volume de exportação de carne vermelha in natura nos cinco principais países participantes do mercado (toneladas). 1986-2016. 24
- Gráfico 3.** Evolução do volume de importação de carne vermelha in natura nos cinco principais países participantes do mercado (toneladas). 1986-2016. 25
- Gráfico 4.** Evolução do volume de exportação de carne vermelha processada nos cinco principais países participantes do mercado (toneladas). 1986-2016. 26
- Gráfico 5.** Evolução do volume de importação de carne vermelha processada nos cinco principais países participantes do mercado (toneladas). 1986-2016. 27

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Caracterização dos grafos para análise de redes complexas de comércio bilateral de carnes vermelhas em nível internacional. 1986 a 2016.	16
Tabela 2. Descrição das variáveis dos modelos.	19
Tabela 3. Características gerais dos grafos referentes ao comércio de carne vermelha in natura. 1986 a 2016.....	22
Tabela 4. Características gerais dos grafos referentes ao comércio de carne vermelha processada. 1986 a 2016.	22
Tabela 5. Caracterização de indicadores de saúde e comércio de alimentos. 1961 a 2013.	37
Tabela 6. Caracterização de indicadores de oferta interna de alimentos. 1961 a 2013.	39
Tabela 7. Coeficientes de modelos de regressão logística para anemia ferropriva entre mulheres em idade fértil. 1990 a 2013.....	40
Tabela 8. Coeficientes de modelos de regressão logística para anemia ferropriva entre crianças. 1990 a 2013.	41
Tabela 9. Coeficientes de modelos de regressão logística para taxa de mortalidade infantil. 1961 a 2013.....	42
Tabela 10. Coeficientes de modelos de regressão logística para expectativa de vida. 1961 a 2013.....	43
Tabela 11. Coeficientes de modelos de regressão logística para mortalidade por DCNT ajustada por idade. 1979 a 2013.	44

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Grafos representando redes de comércio internacional de carne in natura e processada (toneladas). 1986-1990.....	28
Figura 2. Grafos representando redes de comércio internacional de carne in natura e processada (toneladas). 1991-1995.....	29
Figura 3. Grafos representando redes de comércio internacional de carne in natura e processada (toneladas). 1996-2000.....	30
Figura 4. Grafos representando redes de comércio internacional de carne in natura e processada (toneladas). 2001-2005.....	31
Figura 5. Grafos representando redes de comércio internacional de carne in natura e processada (toneladas). 2006-2010.....	32
Figura 6. Grafos representando redes de comércio internacional de carne in natura e processada (toneladas). 2011-2016.....	33

1. INTRODUÇÃO

Ao longo das últimas décadas, têm sido identificadas alterações nos padrões alimentares das populações em diferentes países, fenômeno que foi denominado transição nutricional. Segundo Popkin (2001)¹, o conceito de transição nutricional corresponde às modificações dos padrões de alimentação e, conseqüentemente, estado nutricional da população de vários países, resultado de mudanças sociais, econômicas e demográficas ocorridas no século passado. Uma das principais características do fenômeno de transição nutricional refere-se ao incremento no consumo de dietas com alto teor de gorduras, açúcares e sódio, assim como redução na ingestão de carboidratos complexos e fibras. Em associação com diminuição do nível de atividade física em tarefas cotidianas, observa-se elevação da prevalência de obesidade.

Evidências científicas recentes sugerem que uma alimentação majoritariamente baseada em alimentos *in natura* apresenta menor risco ao desenvolvimento de sobrepeso, obesidade e comorbidades associadas, incluindo doenças cardiovasculares, hipertensão, diabetes e neoplasias; condições que comprometem a qualidade de vida e a longevidade das populações mundiais².

Entretanto, o consumo de alguns tipos de alimentos, como carne vermelha, ainda constitui alvo de controvérsias na composição da dieta populacional. Alguns estudos sobre padrões alimentares com consumo moderado de carne vermelha têm apontado ausência de risco à saúde, incluindo evidências de redução da pressão arterial e menor risco de mortalidade por doenças cardiovasculares³. Por outro lado, estudos sobre estado de saúde de indivíduos vegetarianos também apontam menores níveis de colesterol sanguíneo em comparação com indivíduos onívoros³. Adicionalmente, o elevado teor de gorduras saturadas provenientes de carnes vermelhas também tem sido associado a um

aumento do risco de desenvolvimento de doenças coronarianas, enquanto o consumo de gorduras insaturadas parece estar associado à diminuição do risco⁴.

Carnes vermelhas, incluindo carnes bovina e suína *in natura*, constituem alimentos importantes na dieta humana, tendo em vista alta concentração de nutrientes e baixa densidade calórica em comparação a outros alimentos processados. As carnes vermelhas apresentam em sua composição nove aminoácidos essenciais, vitaminas do complexo B, minerais (ferro, zinco, potássio, fósforo e manganês) e ácido graxos, como ácido linoleico conjugado (CLA) e ácidos graxos ômega6 ($\omega 6$) e ômega3 ($\omega 3$)^{5,6}.

Ademais, há outras dimensões que devem ser analisadas no que tange à produção e ao consumo de carnes vermelhas. Em termos econômicos, o Brasil é atualmente um dos maiores produtores de carnes vermelhas, além de ser um dos maiores exportadores de carnes no mundo. A participação do Brasil no mercado internacional de carnes apresentou maior impulso a partir dos anos 2000, ultrapassando um milhão de toneladas exportadas em 2003. Sendo assim, o setor brasileiro de produtos cárneos representa importante segmento de atividade econômica no contexto do mercado de alimentos nacional e internacional, sendo um dos principais captadores de subsídios governamentais direcionados à indústria nacional ao longo dos anos 2000^{7,8}.

Entretanto, há escassez de literatura quanto à interação da oferta interna com indicadores de saúde populacionais, assim como em relação à evolução do mercado de carnes vermelhas em nível mundial, especialmente considerando diferenciação entre produtos *in natura* e processados. Assim como, o presente estudo propôs uma análise da evolução das redes de comércio internacional de carnes vermelhas entre países nas últimas décadas, seguida de investigação da associação entre oferta doméstica de carnes vermelhas para consumo humano e indicadores de saúde em nível populacional.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

O objetivo do presente estudo foi descrever a evolução do mercado mundial de carnes vermelhas *in natura* e processadas nas últimas décadas por meio de análise de redes complexas; assim como investigar a associação entre disponibilidade de alimentos de origem animal, especialmente carnes vermelhas, em relação a indicadores de saúde populacional.

2.2. Objetivos específicos

Os objetivos específicos do estudo são:

- Descrever a evolução das conexões estabelecidas entre países em grafos representando redes de comércio bilateral de carnes vermelhas *in natura* e processadas no período entre 1986 e 2016;
- Investigar a associação entre características populacionais, disponibilidade de alimentos de origem animal e carnes vermelhas e indicadores de saúde (anemia ferropriva, mortalidade infantil, expectativa de vida e mortalidade por doenças crônicas não transmissíveis) dos países de 1961 a 2013.

3. VALOR NUTRICIONAL E CONTROVÉRSIAS NO CONSUMO DE CARNES VERMELHAS

As carnes vermelhas, incluindo carnes bovina e suína, constituem alimentos de origem animal, fontes de proteínas de alto valor biológico e ácidos graxos, ricas em vitaminas do complexo B e minerais de alta biodisponibilidade, como ferro e zinco⁹⁻¹⁰. Ademais, face à alta concentração de nutrientes, as carnes bovina e suína apresentam menor quantidade de calorias por peso^{5,6}.

Observa-se significativa concentração de ácido graxo oleico (C18:1 ω9) em configuração *cis* na composição de carnes^{5,11}, sendo ácido graxo monoinsaturado (MUFA) associado a um risco reduzido de desenvolvimento de diabetes¹², à diminuição de nível de colesterol¹³ e pressão arterial¹⁴. Diversos estudos indicam também associação entre consumo de MUFA e redução de risco cardiovascular¹⁵⁻¹⁸.

Um dos fatores de influência no perfil de ácidos graxos das carnes vermelhas refere-se à espécie e à raça do animal. Assim, no que tange à carne bovina, a carne de raças da subespécie *Bos taurus* (p.ex., raça angus) apresenta composição nutricional diferente da carne de *Bos indicus* (p.ex., raça nelore); sendo que carne do nelore tem sido apontada como nutricionalmente superior à carne de angus devido ao menor teor de colesterol e maiores conteúdos de ômega 3 e ácido linoleico conjugado (CLA), embora também seja considerada menos macia¹⁹.

Devido às exigências do mercado consumidor na demanda por carnes de melhor qualidade em relação ao teor de gordura e de colesterol, os produtores têm gerado linhagens mais magras por meio de melhoramento genético em conjunto com dietas adequadas, especialmente no que tange às carcaças de suínos com maior proporção de carne. No entanto, além da participação da genética na produtividade, é importante

ressaltar a importância do manejo alimentar adequado dos animais para maximizar o rendimento de carne²⁰⁻²².

De forma geral, as características de qualidade da carne (composição do músculo) apresentam variações diretamente relacionadas a diversos fatores: forma de abate, espécie, idade de abate, peso de abate, sexo, manejo nutricional, manejo sanitário, manejo pré-abate, manejo *post-mortem*, visão técnico-científica do produtor, hábitos alimentares e questões culturais²³⁻²⁷.

Recentemente, alguns estudos têm apontado associação entre consumo de carnes vermelhas e elevação do risco de ocorrência de doenças cardiovasculares, assim como associação entre adoção de dietas vegetarianas e prevenção de determinadas morbidades em estudos populacionais²⁸⁻³³. Entretanto, também há estudos que contestam a validade de tais evidências de associação entre consumo de carnes e ocorrência de morbidades, especialmente devido à existência de outros fatores de risco à saúde em nível individual, incluindo predisposição genética, sexo, idade, tabagismo, sedentarismo, obesidade, entre outros³⁴⁻³⁹.

Evidências recentes apontam que dietas com maior teor de gorduras saturadas e/ou colesterol provenientes de carnes vermelhas apresentam menor influência sobre risco de ocorrência de doenças cardiovasculares do que dietas baseadas em consumo excessivo de carboidratos, especialmente considerando perfil lipídico dos alimentos ingeridos^{35,36}. A disseminação de informações incorretas ou incompletas sobre riscos à saúde derivados do consumo de carnes vermelhas pode levar à ingestão exagerada de carboidratos simples, que representaria significativa elevação do risco de ocorrência de diabetes, aumento de triglicerídeos e LDL, além da redução de HDL³⁵.

As recentes polêmicas em torno do consumo de carnes vermelhas *in natura* derivam de análises simplistas quanto à sua composição nutricional, assim como em

relação à sua influência nos marcadores bioquímicos associados às doenças cardiovasculares e câncer³⁴. Revisão de estudos controlados sobre associação entre consumo alimentar de gorduras saturadas, marcadores bioquímicos e desfechos em saúde³⁸ apontou falhas em diversos estudos sobre associação entre consumo de carnes e ocorrência de morbidades. Ademais, é importante atentar à complexidade da interação entre nutrientes presentes nos alimentos, assim como melhor digestibilidade de proteínas de origem animal em comparação às proteínas de origem vegetal³⁹.

A adoção de um estilo de vida saudável, baseado em atividade física, alimentação variada e redução da exposição a estresse, tabagismo e etilismo, reduz consideravelmente riscos de ocorrência de doenças crônicas não transmissíveis. No que tange à alimentação, deve-se considerar consumo adequado de ampla variedade de alimentos *in natura*, de forma a contemplar uma diversidade de nutrientes para manutenção do estado nutricional, incluindo-se consumo de quantidade apropriada de carne vermelha *in natura*^{36,37}.

A ocorrência de significativas mudanças na alimentação humana ao longo dos últimos séculos, em termos de quantidade e composição nutricional de alimentos disponível para consumo humano, combinada com envelhecimento populacional e substancial redução do nível de atividade física habitual devido a avanços tecnológicos e urbanização, aponta um cenário de acúmulo de exposição a fatores de risco para desenvolvimento de doenças crônicas não transmissíveis na atualidade⁴⁰.

Segundo documento publicado pela *American Dietetic Association*, em conjunto com *Dietitians of Canada*⁴¹, uma dieta vegetariana equilibrada é potencialmente benéfica à saúde, entretanto, destaca-se ausência de nutrientes específicos que pode predispor ao risco de desenvolvimento de doenças carenciais, como vitamina B12, alguns aminoácidos essenciais e ferro⁴²⁻⁴⁴.

Por outro lado, há estudos que apontam excessivo aporte de ferro proveniente da carne vermelha em dietas contemporâneas, em relação às necessidades nutricionais de boa parte da população. Um suprimento excessivo de ferro heme (forma presente na carne) tem sido considerado potencialmente aterogênico⁴⁵⁻⁴⁷ e promotor de crescimento no câncer gastrointestinal^{48,49}, bem como diabetogênico⁵⁰.

Ademais, no caso das carnes processadas, a ingestão de sódio, nitratos e nitritos está associada à elevação da pressão arterial⁵¹ e aterosclerose, tendo em vista produção de peroxinitritos no processo digestivo. Estudos de coorte têm apontado associação entre consumo de maiores quantidades de carnes vermelhas em longo prazo, particularmente carnes processadas, em relação ao risco de mortalidade por doença cardiovascular, diabetes tipo 2 e determinados tipos de câncer, como câncer de cólon⁵².

Elementos presentes nas carnes vermelhas *in natura* e processadas também têm sido relacionados à ocorrência de resistência insulínica (RI) e diabetes *mellitus* (DM). Sugere-se que maior quantidade de ácidos graxos saturados, maior concentração de sódio, produtos finais de glicação avançada (AGE) formados no processo de cozimento da carne e formação de nitrosaminas durante o processamento de carne, entre outros, constituem principais fontes de risco para ocorrência de resistência insulínica⁵³.

4. MERCADO DE PRODUTOS CÁRNEOS NO BRASIL E NO MUNDO

A produção de carnes vermelhas, em nível mundial, é caracterizada por alto preço por tonelada, derivado dos consideráveis custos de produção associados aos insumos para alimentação animal, refrigeração e transporte do produto; assim como em decorrência do incremento do consumo em países em desenvolvimento, resultante de aumento da renda populacional⁵⁴.

Entretanto, verifica-se também tendência à redução dos custos de produção ao longo do tempo por melhor aproveitamento dos insumos e maiores investimentos em melhoramento genético dos rebanhos bovinos e suínos em diferentes países, que têm gerado possibilidade de utilização integral dos diferentes cortes de carne^{7,55}.

Nas últimas décadas, a produção mundial de carnes apresentou incremento médio bruto de 818 mil toneladas por ano. Atualmente, os países e as regiões de maior produção de carnes (Estados Unidos, Brasil, União Europeia e China) detêm aproximadamente 60% da produção mundial⁵⁵.

Ao longo dos últimos anos, o aumento da produção de carne tem sido registrado somente no Brasil, enquanto Estados Unidos, União Europeia e China registram queda de participação no mercado mundial⁷. Entre 2013 e 2015, a produção de carne vermelha foi liderada pelos países asiáticos, seguida pelos países da América Latina. A estimativa de produção para 2025 mantém distribuição similar, incluindo aumento na quantidade produzida em ambos os continentes⁵⁵.

O Brasil representa papel de extrema importância no setor cárneo mundial, tanto como produtor (totalizando cerca de 25,6 milhões de toneladas em 2011), quanto como exportador e consumidor. Atualmente, o país tem o maior rebanho comercial mundial, sendo líder mundial de exportações de carnes com aproximadamente 1,7 milhões de toneladas comercializadas no mercado externo em 2011. Cerca de 75% da produção

nacional é destinada ao consumo no mercado interno brasileiro (em torno de 19,2 milhões de toneladas), o que representa um consumo per capita de 87,8 quilogramas de carne por ano⁷.

Em nível global, as projeções de consumo populacional apontam para aumento do consumo de carne *per capita*, especialmente nos países em desenvolvimento, tendo em vista significativas mudanças socioeconômicas e demográficas^{44,54}. No Brasil, o consumo de carnes apresentou elevação de 50% na participação calórica da alimentação populacional entre a década de 1970 e início dos anos 2000⁵⁶.

No caso específico das carnes vermelhas, há previsão de ampliação do consumo de carne vermelha em países desenvolvidos e em desenvolvimento até 2027, incluindo carnes suínas e bovinas (Gráfico 1). Segundo OECD/FAO⁵⁵, a carne é o segundo alimento mais consumido (em quilograma per capita por ano) em países desenvolvidos.

Gráfico 1. Distribuição do consumo alimentar entre grupos de alimentos (kg per capita por ano) e projeção de incremento (%), segundo grupos de países. 2013-2015 e 2025.

Fonte: OECD/FAO⁴⁶.

A diferença de consumo alimentar tem diminuído entre países desenvolvidos e em desenvolvimento⁹. No caso dos países desenvolvidos, espera-se desaceleração do consumo de carnes ao longo das próximas décadas, em decorrência de envelhecimento populacional, saturação da demanda e reincidência de temores relacionados à contaminação microbiológica de alimentos cárneos (especialmente por *E. coli* e *Salmonella*). Globalmente, os surtos de doenças animais e as políticas comerciais permanecem entre principais fatores de influência na evolução e dinâmica do mercado mundial de carnes.

Em termos gerais, o aumento do poder aquisitivo (renda per capita) em países em desenvolvimento deve resultar em maior participação percentual de carnes e produtos lácteos no consumo alimentar populacional, resultando em dietas mais diversificadas e um maior consumo de proteína per capita⁴⁶.

No Brasil, carnes, vísceras e pescados representaram em torno de 15,1% dos gastos com alimentação da população brasileira nos anos 2008 e 2009, segundo dados da Pesquisa de Orçamentos Familiares (POF), conduzida pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)⁵⁷.

Recentemente, anúncio divulgado pela *International Agency for Research on Cancer* (IARC) em colaboração com *World Health Organization* (WHO)⁵⁸ apontou possibilidade de associação entre consumo de carnes vermelhas com risco elevado de ocorrência de diferentes tipos de câncer, gerando preocupações entre consumidores do mundo inteiro. Embora isso possa influenciar projeções de comercialização e consumo per capita de carnes entre países com alta participação na demanda de carnes vermelhas, o incremento da renda populacional tem sido base para aumento na comercialização de produtos cárneos em nível mundial.

As transformações recentes dos mercados mundiais têm conduzido à competição entre empresas em nível mundial, assim como concentração de mercado em alguns setores de atividade pela economia de escala gerada na produção. A cadeia produtiva de carnes também tem sido influenciada por mudanças em aspectos concorrenciais nos mercados locais e em nível mundial, em resposta a avanços tecnológicos em processos de produção e distribuição, assim como em decorrência de alterações no perfil dos consumidores e no padrão de consumo de alimentos^{59,60}.

No caso brasileiro, particularmente, ações do governo em prol de formação de conglomerados produtivos no setor de produtos cárneos para exportação (especialmente concessão de crédito subsidiado) têm modificado significativamente características do mercado produtor de carnes nacional, influenciando também condições vigentes no mercado interno para oferta dos produtos à população⁶¹⁻⁶⁵.

Por outro lado, a demanda de um determinado produto para consumo é construída a partir de influências sobre preferências do consumidor. Em mercados competitivos, tais estímulos são providos pelas necessidades e pelo poder aquisitivo do consumidor, assim como características do ambiente, incluindo-se atributos dos próprios produtos, preços, propagandas, embalagem, rotulagem, entre outros elementos de influência^{66,67}.

A complexidade que permeia relações entre oferta e demanda em mercados locais e globais tem sido alvo de análises baseadas em modelagem de sistemas complexos, particularmente na área de alimentação e nutrição, considerando inúmeras interações entre agentes com potencial capacidade de mudança nas configurações das relações socioeconômicas estabelecidas entre si por meio de mecanismos intrincados de influência mútua^{68,69}.

5. UTILIZAÇÃO DE ANÁLISE DE REDES COMPLEXAS

A partir dos avanços em capacidade computacional das últimas décadas, estudos sobre relações entre oferta (produtores) e demanda (consumidores) em um determinado mercado têm sido paulatinamente abordados sob a ótica de sistemas complexos^{68,69}.

Tendo em vista a multiplicidade de conexões entre agentes (produtores e consumidores) no mercado, verificam-se vários níveis de influência mútua no contexto dos processos decisórios de planejamento da produção e seleção das alternativas para consumo, assim como características de interação com outros agentes econômicos (governo, mídia, etc.), emergência de comportamentos nos mercados, entre outras propriedades que definem sistemas complexos^{68,69}.

Assim, é possível investigar a evolução dos relacionamentos entre agentes econômicos no mercado global de produtos cárneos a partir do mapeamento de interações em redes sociais complexas. As redes complexas têm como principal característica uma configuração marcada por diversidade de elementos componentes e dimensões de interação com propriedades que conduzem à emergência de fenômenos caracterizados por complexidade^{68,69}.

Mitchell (2009)⁷⁰ afirma que redes complexas são “*uma coleção de nós conectados por laços*” (tradução da autora). No caso de uma rede social, cada nó representa um ator (ou agente), enquanto laços correspondem às conexões estabelecidas entre atores (ou agentes). Há inúmeros exemplos de redes complexas reais com respectivos nós e laços, sendo que redes sociais constituem um exemplo de abordagem analítica que tem apresentado crescimento significativo nas últimas décadas⁷¹.

Barabási e Albert (1999)⁷² apontam que redes complexas usualmente são objetos de estudo dinâmicos, pois tanto os agentes como as conexões estabelecidas são passíveis de alteração a qualquer momento. Em uma rede social, considerando agentes como

indivíduos e conexões como relações interpessoais, é possível estabelecer as interações iniciais e movimento entre relacionamentos constantemente.

Assim, a análise de redes sociais constitui um campo multidisciplinar de conhecimento, que abrange conteúdos da sociologia, antropologia e psicologia social desde sua criação como área de pesquisa. Atualmente, o campo tem incorporado avanços científicos e tecnológicos da matemática, computação e estatística^{73,74} para proposição de abordagens inovadoras na investigação de associações entre indivíduos, sejam tratados como agentes econômicos ou como atores sociais, com vista ao estabelecimento de nexos causais em fenômenos sociais.

Segundo Wasserman e Faust (1994)⁷⁴, uma das propriedades da análise de redes sociais contemporânea refere-se à capacidade de propor modelagem formal quanto às relações estabelecidas entre indivíduos e grupos de indivíduos em sub-sistemas. A abordagem de redes complexas permite compreender possíveis padrões de relacionamento e, simultaneamente, oferecer mecanismos para análise de fenômenos do mundo real a partir de seus inúmeros componentes.

As propriedades das redes sociais, obtidas pela análise de redes complexas, comportam estabelecimento de hipóteses sobre centralidade e nível influência de sub-grupos dentro do sistema social principal, assim como mapeamento da evolução das conexões no interior da rede ao longo do tempo. Alguns conceitos-chave indispensáveis à área de análise de redes sociais devem ser discutidos na modelagem de uma rede complexa⁷⁴:

- O conceito de ator (ou agente) está relacionado a uma entidade social, sendo que o estabelecimento de ligações ou associações entre atores (ou agentes) é fundamental na análise de redes sociais;

- O conceito de laço relacional corresponde à conexão entre dois atores (ou agentes), a partir da criação de um relacionamento entre ambos, seja na forma de relação social, econômica ou outras formas de associação entre indivíduos;
- O conceito de grupo refere-se à coleção dos atores (ou agentes) que pertencem a uma rede em que exista possibilidade de estabelecimento e mensuração dos laços; entretanto, é necessário que o grupo seja um conjunto (ou conjuntos) finito(s) de indivíduos.

6. MATERIAL E MÉTODOS

6.1. Delineamento do estudo

O presente trabalho constitui estudo retrospectivo longitudinal ecológico, realizado por meio de análise de dados secundários de comércio bilateral em nível mundial disponíveis na plataforma *Food and Agriculture Organization Database* (FAOSTAT). Similarmente, foi feita análise estatística de dados para identificação de associação entre disponibilidade de alimentos de origem animal e carnes vermelhas (segundo dados FAOSTAT) em relação a indicadores de saúde populacional em diferentes países, disponibilizados publicamente pelas plataformas de consulta de dados da *World Health Organization* (WHO) e *World Bank* (WB).

6.2. Vertentes de análise

6.2.1. Análise de redes complexas

Dados de exportação de carnes vermelhas *in natura* e processadas (em toneladas) e animais vivos para abate (em cabeças) reportados pelos países de origem em relação aos países de destino entre 1986 e 2016, provenientes da *Detailed Trade Matrix* disponibilizada na plataforma de dados da *Food and Agriculture Organization (Food and Agriculture Organization Database, FAOSTAT)*, foram utilizados para construção de base de dados de volume de exportação de carnes vermelhas entre países.

Os dados selecionados de exportação de carnes vermelhas *in natura* no período de 1986 a 2016 incluíram toneladas de carnes vermelhas (*Meat, cattle; Meat, pig; Meat, pork; Meat, sheep; Meat, cattle, boneless (beef & veal); Meat, goat; Meat, horse; Meat, ass*) ou cabeças de animais exportados para abate no país de destino (*Asses; Horses; Goats; Cattle; Sheep; Mules; Pigs; Camelids, other; Buffaloes; Camels*). Os dados de exportação de carnes vermelhas processadas referiam-se a toneladas de embutidos de

carne bovina e suína (*Meat, pig sausages; Meat, beef and veal sausages*) e preparações à base de carne bovina e suína (*Meat, beef, preparations; Bacon and ham; Meat, pig, preparations*).

No caso de exportações de animais vivos, foi feita conversão para toneladas de carne vermelha após abate utilizando-se taxas de peso vivo sobre peso morto, a partir de buscas por estudos contendo dados referentes à taxa de rendimento no abate de animais para produção de carne para consumo humano.

As informações de exportações de carnes vermelhas *in natura* e processadas em toneladas foram organizados em banco de dados em forma de matriz direcional de exportação, incluindo volume total de carnes vermelhas exportado de um país de origem para um país de destino, segundo ano de registro. Os dados anuais de origem e destino de exportação de carnes vermelhas *in natura* e processadas foram agregados em valores médios por quinquênio no período de 1986 e 2016, de forma a permitir a identificação de padrões nas exportações, evitando interferência de tendências de curto prazo na análise dos grafos (Tabela 1).

Tabela 1. Caracterização dos grafos para análise de redes complexas de comércio bilateral de carnes vermelhas em nível internacional. 1986 a 2016.

Grafo	Período (anos)	Dados
Grafo 1	1986 - 1990	Nós = Países Arestas = Comércio de carne vermelha <i>in natura</i> e carne vermelha processada
Grafo 2	1991 - 1995	
Grafo 3	1996 - 2000	
Grafo 4	2001 - 2005	
Grafo 5	2006 - 2010	
Grafo 6	2011 - 2016	

Fonte: Elaboração própria, a partir de dados da FAO.

A análise de redes complexas foi baseada em identificação de conexões (arestas) de comércio entre países (nós) pertencentes à rede, sendo que cada nó representa um país

e cada conexão entre nós representa volume das exportações (toneladas de carnes vermelhas *in natura* ou processadas) de um país para outro. A construção de grafos direcionais entre países reside na representação dos dados referentes à exportação de carne de cada país de origem para países de destino, sendo base para estabelecimento de relações direcionais entre países no mercado de produtos cárneos mundial.

Portanto, a partir dos dados quinquenais, foram elaborados seis grafos referentes às exportações de carnes vermelhas (em toneladas) a cada período entre pares de países, utilizando-se o *software* de domínio público Gephi 0.9.2. Cada país incluído no grafo é apresentado utilizando-se a respectiva sigla para melhor visualização da imagem, sendo que a lista de siglas dos países, conforme denominação oficial junto às bases de dados da *Detailed Trade Matrix* da *Food and Agriculture Organization* e da classificação de países do *World Bank* (Anexo 1).

As características das redes complexas sintetizam propriedades dos grafos, sendo utilizadas para análise quantitativa de redes relacionais quanto à evolução das exportações de carnes vermelhas *in natura* e processadas entre diferentes países no mundo. A densidade da conexão entre países é diretamente proporcional ao volume de exportações de carne registrado. É possível identificar países de maior influência no mercado por meio da medida de centralidade, incluindo média de volume de carne comercializada por país em um determinado período em análise (*average weight*), assim como proporção das conexões de entrada e saída de um determinado nó (*weighted in-degree* e *weighted out-degree*) em relação à totalidade das conexões estabelecidas pelo nó (*weighted degree*). Também é possível identificar conglomerados de países, ou seja, países que apresentam um padrão de comercialização, como blocos comerciais (*indegree*, *outdegree* e *degree*), que aponta quantidade de conexões (arestas) que cada nó apresenta com relação a determinados outros.

As propriedades das redes complexas analisadas no presente estudo foram: número médio de conexões entre países, volume (em toneladas) de carnes vermelhas (*in natura* ou processadas) comercializadas, densidade, modularidade e coeficiente de clusterização das redes de exportação quinquenais. A densidade (*density*) permite verificar homogeneidade nas conexões entre nós do grafo (número de arestas existentes dividido pelo número de arestas possíveis no grafo), o coeficiente de clusterização (*average clustering coefficient*) representa grau de agrupamento de nós em um determinado grafo e a modularidade (*modularity*) indica força da distribuição de uma rede em módulos (também denominados grupos, *clusters* ou comunidades). Redes com alta modularidade possuem conexões densas entre nós dentro dos módulos, mas conexões esparsas entre nós em diferentes módulos⁷⁵.

6.2.2. Análise de regressão

Dados de disponibilidade (oferta) de alimentos em cada país foram extraídos das *Food Balance Sheets* da FAO, incluindo-se informações sobre calorias (kcal per capita por dia), proteínas (gramas per capita por dia) e lipídios (gramas per capita por dia) segundo grupo de alimentos (alimentos de origem animal) e itens alimentares (carnes vermelhas), sendo construído banco de dados contendo informações sobre oferta calórica, proteica e lipídica por fonte alimentar nos diferentes países entre 1961 e 2013.

Dados referentes aos indicadores de saúde populacional foram obtidos junto à *World Health Organization* e ao *World Bank*. Informações adicionais sobre características sociodemográficas e econômicas dos países, disponibilizadas pelo *World Bank*, foram incorporadas ao banco de dados para complementação da análise (Tabela 2).

Considerando-se existência de diferenças nos períodos de abrangência das bases de dados, buscou-se compatibilizar informações na condução das análises estatísticas.

Assim, modelos relativos à prevalência de anemia nos diferentes grupos populacionais referem-se ao período de 1990 a 2013, enquanto modelos referentes à taxa de mortalidade infantil e expectativa de vida foram estimados no período completo (1961 a 2013) e modelos para doenças crônicas não-transmissíveis referem-se ao período de 1979 a 2013.

Tabela 2. Descrição das variáveis dos modelos.

Variáveis dependentes	N	Mín	Máx	Média	DP	Fonte
Anemia entre mulheres em idade reprodutiva (proporção)	3.991	0,08	0,69	0,32	0,14	WB
Anemia entre crianças (proporção)	3.991	0,06	0,90	0,40	0,22	WB
Taxa de mortalidade infantil (por 1.000)	7.709	0,00	0,28	0,05	0,05	WB
Expectativa de vida (anos)	8.441	18,91	83,83	63,40	11,47	WB
Mortalidade por DCNT (por 100.000)	2.445	37,20	1.027,60	362,76	141,11	WHO
Variáveis independentes de interesse	N	Mín	Máx	Média	DP	Fonte
Calorias totais (per capita/dia)	8.622	1.308,00	3.877,00	2.574,07	517,51	FAO
Calorias de origem animal (proporção)	8.622	0,02	0,52	0,17	0,10	FAO
Calorias de carnes vermelhas (proporção)	8.622	0,00	0,39	0,06	0,04	FAO
Proteínas de origem animal (proporção)	8.622	0,05	0,81	0,39	0,17	FAO
Proteínas de carnes vermelhas (proporção)	8.622	0,01	0,63	0,13	0,08	FAO
Lipídios de origem animal (proporção)	8.622	0,05	0,96	0,43	0,19	FAO
Lipídios de carnes vermelhas (proporção)	8.622	0,01	0,70	0,16	0,10	FAO
Exportação de alimentos (proporção PIB)	5.269	0,00	0,95	0,08	0,10	WB
Importação de alimentos (proporção PIB)	5.255	0,00	0,41	0,05	0,04	WB
Razão de exportações sobre importações de alimentos	5.269	0,00	46,01	2,10	2,76	WB
Variáveis de controle	N	Mín	Máx	Média	DP	Fonte
PIB per capita (PPP constante de 2011)	3.940	361,09	134.960,07	14.817,88	17.299,23	WB
Despesas do governo com educação (% PIB)	3.135	0,77	44,33	4,32	1,95	WB
Taxa de dependência populacional (% PEA)	8.410	16,07	121,05	73,31	20,21	WB
Taxa de dependência populacional para idosos (% PEA)	8.410	0,80	39,59	10,15	5,99	WB
Taxa de dependência populacional para jovens (% PEA)	8.410	14,88	112,37	63,16	24,42	WB
Razão de matrículas no ensino fundamental (%)	3.666	5,31	134,54	77,91	26,74	WB
Médicos (por 1.000 habitantes)	3.510	0,00	7,33	1,56	1,30	WB
Proporção de população rural (%)	3.843	29,34	88,99	57,54	11,54	WB

Obs.: DCNT = doenças crônicas não transmissíveis (mortalidade ajustada por idade); PPP = paridade de poder de compra; PIB = Produto Interno Bruto; PEA = População economicamente ativa.

Fonte: Elaboração própria, a partir de dados da FAO, WHO e WB.

A associação entre variáveis a serem inseridas nos modelos de regressão foi analisada para identificação de associações estatisticamente significantes de interesse. As

análises estatísticas demonstraram ausência de distribuição normal das variáveis dependentes de interesse (teste Shapiro-Wilk $p < 0.05$), sendo assim, os dados de indicadores de saúde foram convertidos em variáveis binárias para estimativa de modelo de regressão logística, utilizando-se os seguintes parâmetros:

- Prevalência de anemia entre mulheres em idade reprodutiva e crianças: considerou-se ideal prevalência inferior a 30% da população correspondente (Prevalência de anemia $< 30\%$ representa categoria de referência), valor intermediário na classificação da *World Health Organization*⁷⁶ como problema de saúde pública de nível moderado;
- Taxa de mortalidade infantil: considerou-se ideal taxa de mortalidade infantil inferior a 40 mortes por 1.000 (TMI $< 40/1.000$ representa categoria de referência), a partir de dados da *United Nations Inter-Agency Group for Child Mortality Estimates*⁷⁷ disponibilizados pela *World Health Organization*⁷⁸;
- Expectativa de vida: considerou-se ideal expectativa de vida superior a 60 anos (Expectativa de vida > 60 anos representa categoria de referência), idade considerada para categorização de indivíduos idosos segundo *World Health Organization*⁷⁹;
- Mortalidade por doenças crônicas não transmissíveis (DCNT): considerou-se ideal taxa de mortalidade ajustada por idade por DCNT inferior a 400 por 100.000 indivíduos na população (TM-DCNT $< 400/100.000$ representa categoria de referência), a partir de dados da *World Health Organization*⁸⁰.

Os indicadores de saúde convertidos em variáveis binárias foram utilizados na estimativa de modelos de regressão logística em relação à disponibilidade de calorias, proteínas e lipídios provenientes de alimentos de origem animal e carnes vermelhas,

buscando-se identificar diferenças nos modelos estimados quanto à associação entre variáveis de interesse.

Os modelos incluíram variável de controle para oferta de calorias totais per capita por dia (em logaritmo) e ano, independentemente do nível de significância, como forma de identificação das associações considerando efeitos de disponibilidade calórica e padrão de evolução temporal ao longo do período analisado.

Outras variáveis sociodemográficas e econômicas potencialmente associadas aos indicadores em questão foram incluídas nos modelos, incluindo proporção de exportações em relação às importações de alimentos no país, sendo considerado nível de significância de 5% para manutenção da variável no modelo em seleção *backward*. As análises estatísticas foram realizadas utilizando *software* Stata, versão 11.2.

6.3. Aspectos éticos

Em termos de riscos, o presente estudo apresenta riscos mínimos, tendo em vista que foram utilizados bancos de dados secundários públicos de livre acesso (FAOSTAT, *World Bank* e *World Health Organization*). Os benefícios advindos do estudo referem-se aos conhecimentos acerca do mercado cárneo mundial nas últimas décadas para melhor entendimento da existência de associação entre produção, comércio e disponibilidade de carnes vermelhas, atividade econômica dos países e indicadores de saúde populacionais. O projeto foi registrado e analisado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo, tendo sido aprovado com parecer 3.304.564 e CAAE 11745519.2.0000.5421.

7. RESULTADOS

7.1. Análise de redes complexas do comércio mundial de carnes

As conexões de exportação de carnes vermelhas *in natura* entre países aumentaram em aproximadamente 55% no período de 1986-1990 até 2011-2016, inicialmente com 13 mil conexões até atingir 23 mil conexões (Tabela 3).

Tabela 3. Características gerais dos grafos referentes ao comércio de carne vermelha *in natura*. 1986 a 2016.

Ano	Conexões	Volume (ton)	Densidade	Modularidade	Clusterização
1986-1990	12.906	11.923,809	0,064	0,419	0,623
1991-1995	15.064	11.609,039	0,065	0,413	0,590
1996-2000	17.574	12.224,526	0,077	0,415	0,590
2001-2005	20.884	15.831,402	0,098	0,504	0,543
2006-2010	22.066	20.344,942	0,105	0,456	0,558
2011-2016	23.413	19.509,257	0,105	0,440	0,576

Fonte: Elaboração própria, a partir de dados da FAO.

O volume comercializado de carne vermelha *in natura* apresentou-se superior ao volume comercializado de carnes processadas no período analisado, simultaneamente a uma taxa de crescimento inferior em termos de volume e conexões entre países (Tabela 4).

Tabela 4. Características gerais dos grafos referentes ao comércio de carne vermelha processada. 1986 a 2016.

Anos	Conexões	Volume (ton)	Densidade	Modularidade	Clusterização
1986-1990	9.945	3.003,003	0,050	0,411	0,566
1991-1995	12.450	2.949,374	0,054	0,409	0,573
1996-2000	13.206	3.110,743	0,058	0,308	0,566
2001-2005	15.116	3.432,948	0,071	0,420	0,523
2006-2010	15.921	4.322,346	0,075	0,474	0,542
2011-2016	16.518	4.207,829	0,074	0,498	0,516

Fonte: Elaboração própria, a partir de dados da FAO.

O crescimento da comercialização de carnes vermelhas em nível mundial ocorreu em termos de aumento das conexões entre países e em termos de volume de produto comercializado (toneladas) entre meados da década de 1980 e meados dos anos 2010. Houve um aumento de 60% nas conexões de comércio bilateral entre países para carne vermelha processada ao longo dos anos (de aproximadamente 10 mil conexões em 1986 para 16.500 mil em 2016).

Simultaneamente, é possível observar aumento de volume de produto, em toneladas, ao longo dos anos, tanto para carne *in natura* quanto carne processada. Assim, verificou-se expansão nas trocas bilaterais entre países, assim como maior agrupamento de países via comércio internacional. Quanto às características relacionadas diretamente aos grafos, como densidade, modularidade e clusterização, é possível observar que houve aumento da densidade dos grafos, enquanto modularidade e clusterização apresentaram pouca variação ao longo dos anos (Tabelas 3 e 4).

Além disso, é possível também identificar dois momentos distintos: um momento representado pelos dados de 1986 até 2000 e outro a partir do ano 2000, a partir da proximidade de resultados obtidos nas características dos grafos. Um grafo com conexões entre totalidade dos agentes na rede teria densidade igual a 1, no caso dos grafos analisados, verifica-se densidade inferior a 1, apontando concentração da comercialização entre uma fração dos países, que estão interligados pelo comércio de carnes vermelhas (maior densidade = 0,105; representando 10,5% das arestas).

Ao longo dos anos, ocorreu incremento da densidade, indicando aumento da participação de países anteriormente desconectados ou pouco conectados na rede de comércio mundial de carnes no período em análise. Em 2011-2016, houve um aumento de 64% do valor da densidade da comercialização de carnes processadas e 48% para carnes *in natura*, comparando ao ano de 1986-1990.

A modularidade variou entre 0,3 e 0,5; sendo que 0,4 é um valor considerado alto para modularidade de redes. Ou seja, há certo grau de divisão das redes de comércio internacional de carnes em módulos (grupos, *clusters*). Há maior força nas conexões entre nós dentro dos subgrupos do que nas conexões entre subgrupos da rede de comércio mundial de carnes, resultando em agrupamentos de países de maior dominância.

Em termos de clusterização, verificaram-se coeficientes próximos de 0,5 a 0,6 tanto para carne processada quanto *in natura*. Sendo uma medida específica de agrupamento de nós no grafo, as redes que apresentam maior coeficiente de clusterização possuem estrutura modular e, simultaneamente, menor distância média possível entre nós, determinando relações equilibradas entre nós dentro de subgrupos.

A partir dos dados analisados nas redes, verificou-se que os maiores exportadores mundiais de carnes vermelhas *in natura* incluem Alemanha, Austrália, Brasil, Dinamarca e Estados Unidos da América (EUA) (Gráfico 2).

Gráfico 2. Evolução do volume de exportação de carne vermelha *in natura* nos cinco principais países participantes do mercado (toneladas). 1986-2016.

Fonte: Elaboração própria, a partir de dados da FAO.

Houve nítido crescimento da participação do Brasil na exportação mundial de carnes vermelhas *in natura*, em comparação aos demais países. Especificamente a partir de 1996-2000, é notável a mudança em sua performance de exportação, tendo passado de menor para maior volume de exportação entre os maiores exportadores de carne vermelha *in natura*. Além do Brasil, percebe-se notória participação da Dinamarca e Alemanha nas exportações, ambas com crescimento praticamente constante.

Rússia e Alemanha destacam-se entre os cinco maiores países em volume de importação de carne *in natura* (Gráfico 3). Há crescimento acentuado da participação da Rússia e Alemanha nas importações mundiais de carne vermelha *in natura*.

Gráfico 3. Evolução do volume de importação de carne vermelha *in natura* nos cinco principais países participantes do mercado (toneladas). 1986-2016.

Fonte: Elaboração própria, a partir de dados da FAO.

No caso dos EUA, é um dos três maiores importadores de carne vermelha *in natura* desde 1986. As importações de carnes vermelhas *in natura* no Brasil apresentam

comportamento diferente dos demais países. Enquanto há crescimento de importação dos países de 1986-1990 a 1991-1995, o volume de importações do Brasil decresce no período. O inverso é identificado a partir de 2010: queda da importação dos demais países e aumento do volume importado pelo Brasil (Gráfico 3).

Em termos de exportação de carne processada, há acentuado aumento de participação do Brasil entre 1996-2000 e 2006-2010 (Gráfico 4), porém seguido de queda no último período quinquenal considerado. O volume exportado pelos EUA apresentou constante crescimento nos trinta anos de análise, seguido da Alemanha. A Alemanha apenas apresentou uma leve queda entre 1991-1995 e 1996-2000, porém manteve exportação crescente nos outros intervalos quinquenais.

Gráfico 4. Evolução do volume de exportação de carne vermelha processada nos cinco principais países participantes do mercado (toneladas). 1986-2016.

Fonte: Elaboração própria, a partir de dados da FAO.

Em termos de importação de carnes vermelhas processadas, é possível observar participação significativa do Reino Unido no período estudado (Gráfico 5). Há

crescimento da importação do Reino Unido a partir de 1996-2000, comportamento inverso ao da Rússia, que apresentou queda de importação no período.

Gráfico 5. Evolução do volume de importação de carne vermelha processada nos cinco principais países participantes do mercado (toneladas). 1986-2016.

Fonte: Elaboração própria, a partir de dados da FAO.

O volume de importação de carnes vermelhas processadas pelos EUA apresentou declínio constante ao longo dos anos, enquanto o Canadá apresentou crescimento constante desde o início do período. Quanto à importação de produtos processados pelo Brasil, identificou-se volume bastante insignificante no período analisado, tendo maior atuação na exportação de carnes vermelhas.

Por fim, os grafos obtidos a partir do mapeamento das exportações de carnes vermelhas *in natura* e processadas permitem visualizar as mudanças nas redes de comércio mundial de carnes ao longo do período (Figuras 1 a 6).

Figura 1. Grafos representando redes de comércio internacional de carne *in natura* e processada (toneladas). 1986-1990.

Obs.: Grafos inseridos em escalas equivalentes para permitir comparação entre setores e períodos, segundo saída do *software* Gephi 0.9.2.

Fonte: Elaboração própria, a partir de dados da FAO. Siglas dos países disponíveis no Anexo 1.

Figura 2. Grafos representando redes de comércio internacional de carne *in natura* e processada (toneladas). 1991-1995.

Obs.: Grafos inseridos em escalas equivalentes para permitir comparação entre setores e períodos, segundo saída do *software* Gephi 0.9.2.

Fonte: Elaboração própria, a partir de dados da FAO. Siglas dos países disponíveis no Anexo 1.

Figura 3. Grafos representando redes de comércio internacional de carne *in natura* e processada (toneladas). 1996-2000.

Obs.: Grafos inseridos em escalas equivalentes para permitir comparação entre setores e períodos, segundo saída do *software* Gephi 0.9.2.

Fonte: Elaboração própria, a partir de dados da FAO. Siglas dos países disponíveis no Anexo 1.

Figura 4. Grafos representando redes de comércio internacional de carne *in natura* e processada (toneladas). 2001-2005.

Obs.: Grafos inseridos em escalas equivalentes para permitir comparação entre setores e períodos, segundo saída do *software* Gephi 0.9.2.

Fonte: Elaboração própria, a partir de dados da FAO. Siglas dos países disponíveis no Anexo 1.

Figura 5. Grafos representando redes de comércio internacional de carne *in natura* e processada (toneladas). 2006-2010.

Obs.: Grafos inseridos em escalas equivalentes para permitir comparação entre setores e períodos, segundo saída do *software* Gephi 0.9.2.

Fonte: Elaboração própria, a partir de dados da FAO. Siglas dos países disponíveis no Anexo 1.

Figura 6. Grafos representando redes de comércio internacional de carne *in natura* e processada (toneladas). 2011-2016.

Obs.: Grafos inseridos em escalas equivalentes para permitir comparação entre setores e períodos, segundo saída do *software* Gephi 0.9.2.

Fonte: Elaboração própria, a partir de dados da FAO. Siglas dos países disponíveis no Anexo 1.

Os países localizados no centro dos grafos (maior centralidade) apresentam maior representatividade no mercado mundial de carnes vermelhas, pois apresentam maior número de vetores de conexão com demais países participantes da rede de comércio. O volume comercializado é representado pela densidade da conexão, representada pela espessura da seta de ligação entre países, assim como pela coloração do nó representando cada país: quanto mais forte a cor avermelhada, maior o volume de carne comercializado pelo país.

Há maior conectividade e volume de comércio no mercado de carnes vermelhas *in natura*, tendo em vista maior número de arestas e de países com setas de cores mais intensas, comparando-se pares de duas figuras do mesmo período entre si (Figuras 1a e 1b, por exemplo). A quantidade média de produto comercializado, em toneladas, foi de 11.923,81 e 3.003,00 para carnes vermelhas *in natura* e processadas em 1986-1990, respectivamente. O número médio de conexões entre países foram de 12.906 e 9.945 para carne *in natura* e processada no período, respectivamente.

O período de 1991-1995 apresentou quantidade média de produto comercializado de 11.609,04 e 2.949,37 toneladas para carnes *in natura* e processadas, respectivamente. O número médio de conexões entre países foi de 15.064 e 12.45 para carnes *in natura* e processadas (Figuras 2a e 2b). Na Figura 2a percebemos maior aglomeração de países ao centro, ou seja, a carne *in natura* apresentou um mercado mais concentrado no período. Simultaneamente à concentração, os vetores mostram maior volume comercializado.

No terceiro período analisado (1996-2000), houve maior participação de países em termos de volume de produtos comercializados, em comparação aos quinquênios anteriores (Figuras 3a e 3b). A quantidade média de produto comercializado, em toneladas, foi de 12.224,52 e 3.110,74 para carnes vermelhas *in natura* e processadas,

respectivamente. O número médio de conexões foi de 17.574 para carnes *in natura* e 13.206 para carnes processadas no período.

O período entre 2001 e 2005 é marcado por início da liderança brasileira no mercado mundial de carnes vermelhas *in natura* (534.366,13 toneladas de carnes *in natura* comercializadas), seguido dos EUA (Figuras 4a e 4b). O volume médio comercializado, em toneladas, foi 15.831,40 e 3.432,95 para carnes *in natura* e processadas, respectivamente. Além do aumento no volume das exportações, as conexões entre países também tiveram incremento significativo em relação ao período anterior (20.884 para carnes *in natura* e 15.116 para carnes processadas no período).

Em 2006-2010, é possível identificar incremento adicional nas conexões entre países em relação ao período anterior (Figuras 4a e 4b em comparação com Figuras 5a e 5b): 22.066 conexões entre países para trocas bilaterais de carnes *in natura* e 15.921 ligações entre países para trocas de carnes processadas. A quantidade média de produto comercializado foi de 20.344,94 e 4.322,35 toneladas para carnes vermelhas *in natura* e carnes processadas, respectivamente. Entretanto, também ocorreu certo grau de concentração do mercado, verificando-se maior quantidade em toneladas de carnes vermelhas (*in natura* e processadas) exportadas por um número pequeno de países (Tabelas 3 e 4).

Por fim, no quinquênio entre 2011 e 2016, verificou-se maior participação dos países no comércio de carnes *in natura* em comparação ao comércio de carnes processadas (Figuras 6a e 6b), ou seja, maior quantidade de países participantes na comercialização da carne *in natura*. No período, percebe-se aumento discreto nas trocas entre países e na quantidade de carne comercializada mundialmente, em comparação ao período anterior, tendo em vista ocorrência de crise mundial e redução da renda em vários países. Isso resultou em queda na quantidade média de produto comercializado para

19.509,25 toneladas de carnes *in natura* e 4.207,82 toneladas de carnes processadas, respectivamente. Apesar da queda no volume de trocas, o número médio de conexões entre países apresentou incremento para 23.413 vetores para carnes *in natura* e 16.518 vetores para carnes processadas.

Ao longo dos cinco quinquênios estudados, ocorreu significativo aumento de conexões entre países e de volume de carnes vermelhas comercializadas. Ademais, as trocas no mercado de carnes *in natura* foram predominantes no comércio mundial de carnes vermelhas nos períodos analisados, em relação ao mercado de carnes processadas (cerca de 20% do mercado mundial, em volume). O Brasil tem maior destaque como exportador no mercado mundial a partir dos anos 2000, em termos de centralidade e volume de produtos comercializados, sendo que aproximadamente 80% de suas conexões são direcionadas à exportação para carnes vermelhas *in natura* ou processadas.

7.2. Associação entre consumo de carnes e indicadores de saúde populacional

A evolução dos indicadores populacionais de saúde (desfechos de interesse) em diferentes países apontou diminuição de prevalência de anemia em mulheres e crianças em 30% e 27%, respectivamente, no período de 1961 a 2013, assim como redução da taxa média de mortalidade infantil em 80% e decréscimo da taxa de mortalidade por DCNT ajustada por idade populacional em torno de 23%. Também foi possível identificar aumento da expectativa de vida média em aproximadamente 18 anos (Tabela 5).

Em termos de comércio de alimentos, observou-se incremento da participação percentual de importações de alimentos em relação ao Produto Interno Bruto (PIB) em torno de 50% no período analisado, assim como manutenção da participação de exportações de alimentos em relação ao PIB dos diferentes países.

Tabela 5. Caracterização de indicadores de saúde e comércio de alimentos. 1961 a 2013.

Ano	Anemia				TMI		Expectativa de vida		TM DCNT		Comércio de alimentos (%PIB)					
	Mulheres		Crianças								Exportações		Importações		Exp/Imp	
	μ	DP	μ	DP	μ	DP	μ	DP	μ	DP	μ	DP	μ	DP	μ	DP
1961					0,10	0,06	53,66	12,24								
1962					0,10	0,06	54,04	12,09			0,08	0,09	0,04	0,04	2,39	2,26
1963					0,10	0,06	54,36	11,95			0,07	0,08	0,04	0,03	2,64	3,14
1964					0,10	0,06	54,84	11,90			0,07	0,08	0,04	0,04	2,55	2,71
1965					0,10	0,06	55,34	11,78			0,08	0,08	0,04	0,03	2,93	3,26
1966					0,10	0,06	55,81	11,70			0,08	0,08	0,04	0,03	2,65	2,72
1967					0,09	0,06	56,23	11,56			0,08	0,07	0,04	0,03	3,13	4,85
1968					0,09	0,06	56,62	11,41			0,07	0,08	0,04	0,03	3,19	5,85
1969					0,09	0,05	56,99	11,25			0,07	0,08	0,04	0,03	2,76	2,84
1970					0,09	0,05	57,51	11,18			0,08	0,09	0,04	0,04	2,64	2,67
1971					0,08	0,05	57,81	11,08			0,08	0,08	0,04	0,04	2,68	2,96
1972					0,08	0,05	58,22	11,04			0,09	0,08	0,04	0,03	2,92	3,12
1973					0,08	0,05	58,60	11,02			0,08	0,08	0,05	0,04	2,58	2,88
1974					0,08	0,05	59,00	11,03			0,08	0,09	0,05	0,05	2,25	2,63
1975					0,08	0,05	59,38	11,06			0,09	0,10	0,05	0,04	2,35	2,66
1976					0,07	0,05	59,78	11,08			0,09	0,10	0,05	0,04	2,84	3,45
1977					0,07	0,05	60,19	11,07			0,11	0,11	0,05	0,05	2,94	3,40
1978					0,07	0,05	60,58	10,96			0,10	0,10	0,06	0,05	2,76	3,59
1979					0,07	0,05	60,99	10,82	381,71	141,66	0,09	0,10	0,06	0,05	2,51	2,96
1980					0,07	0,05	61,45	10,60	385,74	150,72	0,10	0,11	0,06	0,06	2,20	2,28
1981					0,06	0,04	61,82	10,42	384,63	158,27	0,09	0,10	0,06	0,05	2,31	2,69
1982					0,06	0,04	62,31	10,21	385,68	131,14	0,08	0,09	0,05	0,04	2,52	3,24
1983					0,06	0,04	62,60	10,06	383,02	133,79	0,09	0,10	0,05	0,04	2,54	4,06
1984					0,06	0,04	62,99	9,96	372,47	130,98	0,09	0,12	0,05	0,04	2,68	3,66
1985					0,06	0,04	63,32	9,85	393,58	119,50	0,09	0,10	0,05	0,04	2,78	3,60
1986					0,06	0,04	63,66	9,82	378,91	130,46	0,09	0,11	0,05	0,04	2,90	3,36
1987					0,05	0,04	64,01	9,77	368,10	126,96	0,09	0,10	0,05	0,05	2,55	2,80
1988					0,05	0,04	64,18	9,84	377,94	115,51	0,09	0,10	0,05	0,05	2,56	3,46
1989					0,05	0,04	64,41	9,95	365,44	121,65	0,08	0,10	0,05	0,05	2,41	3,86
1990	0,40	0,13	0,48	0,23	0,05	0,04	64,62	10,03	370,74	118,17	0,09	0,10	0,05	0,05	2,57	3,97
1991	0,39	0,14	0,47	0,23	0,05	0,04	64,86	10,16	356,31	126,78	0,08	0,10	0,05	0,05	2,49	3,16
1992	0,38	0,14	0,45	0,22	0,05	0,04	65,37	9,82	400,90	140,88	0,08	0,09	0,05	0,05	2,06	2,21
1993	0,37	0,14	0,44	0,22	0,05	0,04	65,42	9,89	415,82	146,48	0,08	0,10	0,05	0,05	2,00	1,96
1994	0,36	0,14	0,44	0,22	0,05	0,04	65,55	9,94	409,38	154,64	0,09	0,11	0,05	0,05	1,94	1,98
1995	0,35	0,14	0,43	0,22	0,04	0,04	65,68	9,92	403,14	152,23	0,09	0,11	0,06	0,05	1,88	1,87
1996	0,34	0,14	0,42	0,22	0,04	0,04	65,92	9,96	391,65	154,97	0,09	0,11	0,06	0,05	1,67	1,75
1997	0,33	0,14	0,41	0,22	0,04	0,04	66,21	9,96	384,78	151,27	0,09	0,11	0,06	0,05	1,65	1,65
1998	0,33	0,14	0,41	0,22	0,04	0,04	66,35	10,03	385,66	147,24	0,08	0,11	0,06	0,05	1,57	1,58
1999	0,32	0,14	0,40	0,22	0,04	0,03	66,56	10,05	377,45	145,50	0,08	0,10	0,06	0,05	1,64	1,71
2000	0,31	0,14	0,39	0,22	0,04	0,03	66,96	10,13	363,56	147,70	0,08	0,10	0,05	0,04	1,50	1,49
2001	0,31	0,14	0,39	0,22	0,04	0,03	67,24	10,17	365,00	138,00	0,08	0,09	0,05	0,04	1,65	1,90
2002	0,30	0,14	0,39	0,22	0,04	0,03	67,57	10,10	368,43	145,75	0,07	0,09	0,05	0,04	1,58	2,11
2003	0,30	0,14	0,38	0,21	0,03	0,03	67,77	10,06	372,12	149,54	0,08	0,09	0,05	0,04	1,60	2,14
2004	0,30	0,13	0,38	0,21	0,03	0,03	68,14	10,02	360,50	140,68	0,08	0,11	0,06	0,04	1,69	2,25
2005	0,30	0,13	0,38	0,21	0,03	0,03	68,45	9,87	351,56	146,49	0,09	0,12	0,06	0,05	1,82	2,70
2006	0,29	0,13	0,37	0,21	0,03	0,03	68,84	9,68	342,67	136,65	0,08	0,10	0,05	0,04	1,75	2,47
2007	0,29	0,13	0,37	0,21	0,03	0,03	69,23	9,45	335,92	133,91	0,08	0,11	0,06	0,04	1,57	2,08
2008	0,28	0,13	0,36	0,20	0,03	0,03	69,63	9,23	335,26	151,48	0,08	0,11	0,06	0,05	1,48	1,92
2009	0,28	0,13	0,36	0,20	0,03	0,02	70,04	9,00	319,67	129,33	0,08	0,10	0,07	0,05	1,57	2,07
2010	0,28	0,12	0,36	0,20	0,03	0,02	70,40	8,79	311,72	129,10	0,08	0,10	0,06	0,05	1,59	2,30
2011	0,28	0,12	0,36	0,20	0,03	0,02	70,82	8,60	312,44	125,31	0,09	0,11	0,06	0,05	1,55	2,34
2012	0,28	0,12	0,35	0,20	0,02	0,02	71,17	8,35	305,74	123,83	0,09	0,10	0,07	0,05	1,60	2,34
2013	0,28	0,12	0,35	0,19	0,02	0,02	71,53	8,15	292,92	111,88	0,08	0,10	0,06	0,05	1,63	2,37

Fonte: Elaboração própria, a partir de dados da FAO, WHO e WB. μ = média; DP = desvio padrão; TMI = taxa de mortalidade infantil; TM DCNT = taxa de mortalidade por doenças crônicas não transmissíveis; PIB = Produto Interno Bruto.

Destaca-se, particularmente, a ausência de dados sobre mortalidade ajustada em decorrência de DCNT antes de 1979, assim como dados sobre anemia ferropriva antes de 1990. No caso da mortalidade por DCNT, também é importante apontar menor volume de dados registrados pelos países (vide Tabela 2).

Em termos de oferta interna de alimentos nos países ao longo do período de 1961 a 2013, verificou-se aumento nas calorias per capita por dia de alimentos, alimento de origem animal e de carnes vermelhas (Tabela 6). No período analisado, as calorias totais apresentaram aumento em 26%, as calorias provenientes de alimentos de origem animal (inclusive carnes vermelhas), em 19% e de carnes vermelhas em 20%, aproximadamente.

Quanto à oferta de proteínas (em gramas per capita por dia), observou-se aumento apenas nas fontes alimentares de origem animal em 26%, diferentemente dos dados de proteínas provenientes de carnes vermelhas, que apresentaram queda de aproximadamente 14% na oferta alimentar interna aos países.

A disponibilidade de lipídios, em contrapartida, apresentou redução em termos de lipídios provenientes de alimentos de origem animal (-6,6%) e provenientes de carnes vermelhas (-17%, aproximadamente). Ou seja, ocorreu maior queda na oferta de lipídios provenientes de carnes vermelhas na comparação com demais fontes alimentares ao longo do período analisado.

Tabela 6. Caracterização de indicadores de oferta interna de alimentos. 1961 a 2013.

Ano	Calorias per capita por dia						Proteínas				Lipídios			
	Totais		Alimentos de origem animal		Carnes vermelhas		Alimentos de origem animal		Carnes vermelhas		Alimentos de origem animal		Carnes vermelhas	
	μ	DP	μ	DP	μ	DP	μ	DP	μ	DP	μ	DP	μ	DP
1961	2264,22	504,37	0,16	0,11	0,05	0,05	0,34	0,17	0,14	0,10	0,45	0,22	0,17	0,11
1962	2287,97	496,98	0,16	0,11	0,05	0,05	0,34	0,17	0,14	0,10	0,44	0,22	0,17	0,10
1963	2296,60	494,76	0,16	0,11	0,05	0,05	0,34	0,17	0,14	0,10	0,44	0,21	0,17	0,10
1964	2324,82	490,51	0,16	0,11	0,05	0,05	0,35	0,17	0,14	0,10	0,44	0,21	0,17	0,10
1965	2343,94	489,23	0,16	0,11	0,05	0,04	0,35	0,17	0,13	0,09	0,44	0,21	0,17	0,10
1966	2354,40	494,53	0,16	0,11	0,05	0,04	0,35	0,17	0,14	0,09	0,44	0,21	0,17	0,10
1967	2366,50	493,08	0,16	0,11	0,05	0,05	0,36	0,17	0,14	0,10	0,44	0,21	0,17	0,10
1968	2383,66	499,16	0,16	0,11	0,06	0,05	0,36	0,17	0,14	0,10	0,44	0,21	0,17	0,10
1969	2399,06	504,38	0,16	0,11	0,06	0,05	0,36	0,17	0,14	0,10	0,44	0,20	0,17	0,10
1970	2416,56	505,64	0,16	0,11	0,06	0,05	0,37	0,17	0,14	0,09	0,45	0,20	0,17	0,10
1971	2426,96	512,07	0,17	0,11	0,06	0,04	0,37	0,17	0,14	0,09	0,44	0,20	0,17	0,10
1972	2412,07	519,47	0,17	0,11	0,06	0,05	0,37	0,17	0,14	0,09	0,44	0,20	0,17	0,10
1973	2427,88	526,83	0,16	0,11	0,06	0,04	0,37	0,17	0,13	0,09	0,44	0,20	0,16	0,10
1974	2434,42	522,66	0,16	0,11	0,05	0,05	0,37	0,17	0,13	0,09	0,43	0,20	0,16	0,10
1975	2431,81	518,65	0,17	0,11	0,06	0,05	0,37	0,18	0,14	0,09	0,43	0,20	0,16	0,10
1976	2460,41	528,70	0,17	0,11	0,06	0,05	0,38	0,18	0,14	0,09	0,43	0,19	0,16	0,10
1977	2469,33	517,40	0,17	0,11	0,06	0,05	0,39	0,17	0,14	0,09	0,44	0,19	0,16	0,10
1978	2499,08	513,45	0,17	0,11	0,06	0,05	0,39	0,18	0,14	0,09	0,44	0,19	0,16	0,10
1979	2519,51	509,53	0,17	0,11	0,06	0,05	0,39	0,18	0,14	0,09	0,43	0,19	0,16	0,10
1980	2543,91	518,53	0,17	0,11	0,06	0,05	0,39	0,18	0,13	0,09	0,43	0,19	0,16	0,10
1981	2550,99	514,22	0,17	0,11	0,06	0,05	0,39	0,17	0,13	0,09	0,43	0,19	0,16	0,10
1982	2553,34	518,27	0,17	0,11	0,06	0,04	0,40	0,17	0,13	0,08	0,43	0,19	0,16	0,10
1983	2554,89	519,57	0,17	0,11	0,06	0,04	0,40	0,17	0,13	0,08	0,43	0,19	0,16	0,10
1984	2567,12	527,22	0,17	0,11	0,06	0,04	0,40	0,17	0,13	0,08	0,43	0,19	0,16	0,10
1985	2576,56	510,29	0,17	0,11	0,06	0,04	0,40	0,17	0,13	0,08	0,43	0,19	0,16	0,10
1986	2585,05	513,68	0,17	0,11	0,06	0,04	0,39	0,17	0,13	0,08	0,42	0,19	0,16	0,10
1987	2594,34	531,05	0,17	0,11	0,06	0,04	0,40	0,17	0,13	0,08	0,42	0,18	0,16	0,10
1988	2602,21	526,87	0,17	0,11	0,06	0,04	0,39	0,17	0,13	0,08	0,42	0,18	0,16	0,10
1989	2602,44	530,24	0,17	0,10	0,06	0,04	0,39	0,17	0,13	0,08	0,42	0,18	0,16	0,10
1990	2581,02	524,65	0,17	0,10	0,06	0,04	0,40	0,17	0,13	0,08	0,41	0,18	0,16	0,10
1991	2574,54	509,60	0,17	0,10	0,06	0,04	0,40	0,18	0,13	0,08	0,41	0,18	0,16	0,10
1992	2579,76	503,78	0,18	0,10	0,06	0,04	0,40	0,17	0,13	0,08	0,44	0,19	0,17	0,10
1993	2576,00	497,97	0,18	0,10	0,06	0,04	0,40	0,17	0,13	0,08	0,44	0,19	0,16	0,10
1994	2588,14	486,70	0,18	0,10	0,06	0,04	0,40	0,17	0,13	0,08	0,44	0,19	0,16	0,10
1995	2601,41	484,16	0,18	0,10	0,06	0,04	0,40	0,17	0,13	0,07	0,43	0,18	0,16	0,10
1996	2616,91	492,39	0,18	0,10	0,06	0,04	0,40	0,17	0,13	0,07	0,43	0,18	0,16	0,09
1997	2626,54	493,48	0,18	0,10	0,06	0,04	0,40	0,17	0,13	0,07	0,43	0,18	0,15	0,09
1998	2636,89	493,87	0,18	0,10	0,06	0,04	0,40	0,17	0,13	0,07	0,43	0,18	0,16	0,09
1999	2652,50	492,85	0,18	0,10	0,06	0,04	0,41	0,17	0,12	0,07	0,43	0,17	0,15	0,09
2000	2666,76	490,19	0,18	0,10	0,06	0,04	0,41	0,17	0,12	0,07	0,43	0,17	0,15	0,09
2001	2685,31	489,01	0,18	0,10	0,05	0,04	0,41	0,17	0,12	0,07	0,42	0,17	0,15	0,09
2002	2700,47	482,62	0,18	0,10	0,06	0,04	0,41	0,17	0,12	0,07	0,42	0,17	0,15	0,09
2003	2710,12	475,45	0,18	0,10	0,05	0,04	0,42	0,17	0,12	0,07	0,42	0,17	0,15	0,09
2004	2731,48	474,93	0,18	0,09	0,05	0,04	0,42	0,17	0,12	0,07	0,42	0,16	0,15	0,09
2005	2748,65	465,00	0,18	0,10	0,05	0,04	0,42	0,17	0,12	0,06	0,42	0,16	0,15	0,08
2006	2766,99	461,42	0,18	0,09	0,06	0,04	0,42	0,17	0,12	0,06	0,42	0,16	0,15	0,08
2007	2786,94	456,97	0,19	0,09	0,06	0,04	0,43	0,17	0,12	0,06	0,42	0,16	0,15	0,08
2008	2796,05	452,00	0,19	0,10	0,06	0,04	0,43	0,17	0,12	0,06	0,42	0,16	0,15	0,09
2009	2804,94	442,68	0,19	0,10	0,06	0,04	0,43	0,17	0,12	0,06	0,42	0,16	0,15	0,09
2010	2816,19	435,22	0,19	0,09	0,06	0,04	0,43	0,16	0,12	0,06	0,42	0,16	0,14	0,09
2011	2829,32	436,52	0,19	0,09	0,06	0,04	0,43	0,16	0,12	0,06	0,42	0,16	0,14	0,08
2012	2836,74	433,44	0,19	0,09	0,06	0,04	0,43	0,16	0,12	0,06	0,41	0,16	0,14	0,09
2013	2850,42	437,30	0,19	0,09	0,06	0,04	0,43	0,16	0,12	0,06	0,42	0,16	0,14	0,09

Fonte: Elaboração própria, a partir de dados da FAO, WHO e WB. μ = média; DP = desvio padrão.

A partir das informações coletadas sobre oferta interna de alimentos e nutrientes, em combinação com dados de indicadores de saúde populacional, foram elaborados modelos de regressão logística para anemia ferropriva entre mulheres em idade fértil, no período de 1990 a 2013 (Tabela 7).

Tabela 7. Coeficientes de modelos de regressão logística para anemia ferropriva entre mulheres em idade fértil. 1990 a 2013.

Anemia entre mulheres em idade reprodutiva	Modelo [1]			Modelo [2]			Modelo [3]		
	β	SE	Sig	β	SE	Sig	β	SE	Sig
α	-196,57	23,205	***	-197,92	23,249	***	-187,89	22,363	***
Calorias totais (log)	4,30	0,658	***	3,63	0,646	***	4,43	0,637	***
Calorias de origem animal (%)	14,36	1,373	***						
Calorias de carnes vermelhas (%)				28,24	2,874	***			
Proteínas de carnes vermelhas (%)							9,53	1,412	***
PIB per capita (log PPP cte 2011)	0,37	0,106	***	0,77	0,098	***	0,65	0,097	***
Médicos (por 1,000 habitantes)	0,28	0,080	***	0,43	0,075	***	0,51	0,075	***
Razão exportações/importações de alimentos	0,18	0,047	***	0,22	0,046	***	0,19	0,045	***
R^2	0,4725			0,4696			0,4389		

Obs.: Modelos estimados para 1990 em diante, incluindo variável de controle relativa ao ano. Variáveis de interesse definidas nos modelos: [1] = proporção de calorias de alimentos de origem animal (inclusive carnes vermelhas); [2] = proporção de calorias de carnes vermelhas; [3] = proporção de proteínas de carnes vermelhas. *** $p < 0,001$; ** $p < 0,01$; * $p < 0,05$; ns = sem significância estatística.

SE = erro padrão; PPP = paridade de poder de compra; PIB = Produto Interno Bruto.

Fonte: Elaboração própria, a partir de dados da FAO, WHO e WB.

Observou-se associação positiva entre oferta de calorias totais, de calorias de origem animal, calorias e proteínas de carnes vermelhas com ocorrência de anemia na população feminina dos países analisados. Ou seja, melhorias do cenário de saúde populacional (valor de referência: prevalência de anemia $< 30\%$ no grupo populacional) ocorreram paralelamente à elevação da oferta de calorias provenientes de carnes vermelhas (modelo 2; $\beta=28,24$) em maior proporção do que em relação à oferta de calorias de origem animal (modelo 1; $\beta=14,36$) e à oferta de proteínas das carnes vermelhas (modelo 3; $\beta=9,53$).

A razão entre exportações e importações de alimentos, o PIB per capita e a oferta de médicos por 1.000 habitantes, utilizadas como variáveis de controle, apontam para melhoria das condições de saúde populacional em decorrência de maior renda total e

renda obtida por exportação de alimentos, assim como devido à maior disponibilidade de recursos em saúde no país.

No caso da anemia ferropriva entre crianças no período de 1990 a 2013, os modelos de regressão logística apresentam resultados similares aos modelos estimados para mulheres em idade fértil (Tabela 8).

Tabela 8. Coeficientes de modelos de regressão logística para anemia ferropriva entre crianças. 1990 a 2013.

Anemia entre crianças	[1]			[2]			[3]		
	β	SE	Sig	β	SE	Sig	β	SE	Sig
α	-84,30	21,880	***	-83,99	21,963	***	-89,26	21,749	***
Calorias totais (log)	4,89	0,675	***	4,26	0,672	***	4,95	0,661	***
Calorias de origem animal (%)	10,39	1,270	***						
Calorias de carnes vermelhas (%)				20,62	2,502	***			
Proteínas de carnes vermelhas (%)							8,25	1,379	***
PIB per capita (log PPP cte 2011)	0,34	0,104	***	0,64	0,098	***	0,52	0,098	***
Médicos (por 1,000 habitantes)	0,68	0,080	***	0,80	0,077	***	0,82	0,077	***
Razão exportações/importações de alimentos	0,10	0,042	*	0,13	0,043	**	0,10	0,042	*
R ²	0,4974			0,4998			0,4837		

Obs.: Modelo estimado para 1990 em diante, incluindo variável de controle relativa ao ano. Variáveis de interesse definidas nos modelos: [1] = proporção de calorias de alimentos de origem animal (inclusive carnes vermelhas); [2] = proporção de calorias de carnes vermelhas; [3] = proporção de proteínas de carnes vermelhas. ***p<0,001; **p<0,01; *p<0,05; ns = sem significância estatística.

SE = erro padrão; PPP = paridade de poder de compra; PIB = Produto Interno Bruto.

Fonte: Elaboração própria, a partir de dados da FAO, WHO e WB.

A oferta de calorias de carnes vermelhas mostrou-se de maior relevância para redução da ocorrência de anemia em crianças (modelo 2; $\beta=20,62$), do que calorias de origem animal em geral (modelo 1; $\beta=10,39$) e da oferta de proteínas de carnes vermelhas (modelo 3; $\beta=8,25$). A razão de exportações/importações de alimentos apresentou menor significância nos modelos para anemia ferropriva entre crianças do que para mulheres em idade fértil.

Os modelos de regressão logística para taxa de mortalidade infantil (valor de referência: TMI < 40 por 1.000) indicaram associação positiva com oferta de proteínas e calorias (totais, origem animal e de carnes vermelhas) no período de 1961 a 2013 (Tabela 9).

Tabela 9. Coeficientes de modelos de regressão logística para taxa de mortalidade infantil. 1961 a 2013.

Taxa de mortalidade infantil	[1]			[2]			[3]		
	β	SE	Sig	β	SE	Sig	β	SE	Sig
α	-201,14	41,922	***	-201,77	42,222	***	-201,24	41,912	***
Calorias totais (log)	5,14	1,129	***	5,16	1,128	***	5,24	1,116	***
Calorias de origem animal (%)	5,99	2,314	**						
Proteínas de origem animal (%)				4,91	1,311	***			
Calorias de carnes vermelhas (%)							2,48	3,667	ns
PIB per capita (log PPP cte 2011)	1,64	0,206	***	1,48	0,215	***	1,78	0,200	***
Médicos (por 1,000 habitantes)	0,32	0,156	*	0,39	0,141	**	0,50	0,142	***
Matrículas no ensino fundamental (%)	0,05	0,010	***	0,04	0,010	***	0,05	0,010	***
Razão exportações/importações de alimentos	0,46	0,110	***	0,44	0,112	***	0,50	0,108	***
R ²	0,6506			0,6572			0,6449		

Obs.: Modelo incluindo variável de controle relativa ao ano. Variáveis de interesse definidas nos modelos: [1] = proporção de calorias de alimentos de origem animal (inclusive carnes vermelhas); [2] = proporção de proteínas de origem animal (inclusive carnes vermelhas); [3] = proporção de calorias de carnes vermelhas. ***p<0,001; **p<0,01; *p<0,05; ns = sem significância estatística.

SE = erro padrão; PPP = paridade de poder de compra; PIB = Produto Interno Bruto.

Fonte: Elaboração própria, a partir de dados da FAO, WHO e WB.

Diferentemente dos modelos anteriores, as calorias de origem animal apresentaram maior relação com taxa de mortalidade infantil (modelo 1; $\beta=5,99$), enquanto a oferta de proteínas de origem animal apresentou influência intermediária (modelo 2; $\beta=4,91$) e a oferta de calorias provenientes de carnes vermelhas teve baixa influência (modelo 3; $\beta=2,48$; sem significância estatística), assim como proteínas e demais componentes de carnes vermelhas (modelos estimados, mas não apresentados).

Outras variáveis de interesse no modelo incluíram PIB per capita, oferta de médicos e matrículas no ensino fundamental (*proxy* para nível educacional da população, em vista de ausência de outros indicadores no período), cujas associações positivas em relação à taxa de mortalidade infantil apontam melhoria da saúde populacional pelos efeitos de renda e recursos em saúde e em educação para população dos países.

Similarmente, expectativa de vida ao nascer (valor de referência: expectativa de vida > 60 anos) também apresenta maior associação com oferta de calorias e proteína animal, sem significância para modelos incluindo oferta de carnes vermelhas (Tabela 10). A oferta de calorias de origem animal apresentou maior relação com expectativa de vida

(modelo 1; $\beta=10,02$), quando comparada à oferta de proteína de origem animal (modelo 2; $\beta=5,08$).

Tabela 10. Coeficientes de modelos de regressão logística para expectativa de vida. 1961 a 2013.

Expectativa de vida	[1]			[2]			[3]		
	β	SE	Sig	β	SE	Sig	β	SE	Sig
α	-190,13	33,040	***	-191,85	33,012	***	-178,58	32,200	***
Calorias totais (log)	4,34	0,959	***	3,89	0,962	***	4,71	0,953	***
Calorias de origem animal (%)	10,02	2,603	***						
Proteínas de origem animal (%)				5,08	1,219	***			
Calorias de carnes vermelhas (%)							7,84	5,325	ns
PIB per capita (log PPP cte 2011)	0,78	0,169	***	0,70	0,174	***	0,99	0,162	***
Médicos (por 1,000 habitantes)	1,86	0,323	***	2,03	0,329	***	2,06	0,335	***
Taxa de dependência populacional, idosos (%PEA)	0,75	0,101	***	0,77	0,100	***	0,75	0,101	***
R^2	0,6766			0,6778			0,6689		

Obs.: Modelo incluindo variável de controle relativa ao ano. Variáveis de interesse definidas nos modelos: [1] = proporção de calorias de alimentos de origem animal (inclusive carnes vermelhas); [2] = proporção de proteínas de origem animal (inclusive carnes vermelhas); [3] = proporção de calorias de carnes vermelhas. *** $p<0,001$; ** $p<0,01$; * $p<0,05$; ns = sem significância estatística.

SE = erro padrão; DCNT = doenças crônicas não transmissíveis (mortalidade ajustada por idade); PPP = paridade de poder de compra; PIB = Produto Interno Bruto; PEA = População economicamente ativa.

Fonte: Elaboração própria, a partir de dados da FAO, WHO e WB.

A oferta de médicos apresentou associação positiva com expectativa de vida nos modelos apresentados. A taxa de dependência populacional em relação aos idosos foi utilizada como variável de controle devido à influência sobre estimativa da expectativa de vida ao nascer.

Por fim, a taxa de mortalidade por DCNT (valor de referência: TM-DCNT < 400 por 100.000) apresentou associação negativa com oferta de calorias e lipídios de origem animal (modelo 1; $\beta=-6,04$ e modelo 2; $\beta=-4,88$ respectivamente) no período de 1979 a 2013 (Tabela 11).

Assim, maior disponibilidade de calorias e lipídios de origem animal estiveram associadas à maior mortalidade por DCNT. Entretanto, contrariamente ao esperado, a oferta de calorias de carnes vermelhas apresentou associação positiva em relação à mortalidade por DCNT (modelo 3; $\beta=11,08$).

Tabela 11. Coeficientes de modelos de regressão logística para mortalidade por DCNT ajustada por idade. 1979 a 2013.

Mortalidade por DCNT ajustada por idade	[1]			[2]			[3]		
	β	SE	Sig	β	SE	Sig	β	SE	Sig
α	-133,41	24,945	***	-117,47	25,631	***	-163,23	25,267	***
Calorias totais (log)	5,35	0,981	***	4,78	1,014	***	4,19	0,937	***
Calorias de origem animal (%)	-6,04	1,463	***						
Lipídios de origem animal (%)				-4,88	0,711	***			
Calorias de carnes vermelhas (%)							11,08	2,702	***
PIB per capita (log PPP cte 2011)	1,26	0,137	***	1,06	0,127	***	1,03	0,127	***
Médicos (por 1,000 habitantes)	-0,88	0,080	***	-0,84	0,082	***	-1,06	0,080	***
Taxa de dependência populacional (%PEA)	0,11	0,010	***	0,10	0,010	***	0,11	0,010	***
Razão exportações/importações de alimentos	0,30	0,063	***	0,31	0,063	***	0,20	0,064	***
R^2	0,3142			0,3346			0,3148		

Obs.: Modelo estimado para 1979 em diante, incluindo variável de controle relativa ao ano. Variáveis de interesse definidas nos modelos [1] = proporção de calorias de alimentos de origem animal (inclusive carnes vermelhas); [2] = proporção de lipídios de origem animal (inclusive carnes vermelhas); [3] = proporção de calorias de carnes vermelhas. ***p<0,001; **p<0,01; *p<0,05; ns = sem significância estatística.

SE = erro padrão; DCNT = doenças crônicas não transmissíveis (mortalidade ajustada por idade); PPP = paridade de poder de compra; PIB = Produto Interno Bruto; PEA = População economicamente ativa.

Fonte: Elaboração própria, a partir de dados da FAO, WHO e WB.

8. DISCUSSÃO

8.1. Análise de redes complexas do comércio mundial de carnes

O presente estudo buscou analisar dados do mercado mundial de produtos cárneos, apontando incremento do volume exportado e importado ao longo dos anos, assim como crescente participação do Brasil como exportador de carnes vermelhas entre 1986 e 2016, principalmente carnes *in natura* a partir dos anos 2000. Jank (2003)⁸¹ apontou ampliação da demanda externa pela carne bovina brasileira principalmente nos anos 1990, em decorrência de um cenário mundial marcado por surtos de zoonoses em rebanhos bovinos.

Almeida & Michels (2012)⁸² também destacaram surtos de zoonoses na Europa, incluindo febre aftosa, peste suína, gripe aviária. Outros estudos destacam, especificamente na cadeia da carne bovina, encefalopatia espongiforme bovina (mal da ‘vaca louca’)^{83,84}. Tais surtos, ocorridos principalmente entre 1996 e 2001, resultaram em intensificação das exigências sanitárias nas cadeias produtivas de carne bovina (produção, processamento e distribuição).

Assim, a criação de programas de controle sanitário e mecanismos reguladores de parâmetros obrigatórios inseridos no conceito de segurança alimentar tornam-se itens cobrados em negociações comerciais bilaterais entre países, restringindo a comercialização de carnes vermelhas em nível mundial. Segundo Bowling *et al*⁸⁴, tais exigências resultaram em diminuição de produção de carnes vermelhas pelos países afetados pelos surtos, que consequentemente elevam suas importações do produto.

Michels⁸⁵ enfatizou o papel das exigências sanitárias no desenvolvimento da bovinocultura de corte brasileira, a partir dos contínuos esforços do país para eliminação de focos de febre aftosa. Isso contribuiu ao avanço das exportações de carnes a partir do

final da década de 1990, inserindo o Brasil no mercado mundial da carne bovina como principal exportador, fato corroborado no presente estudo.

Entre 2001 e 2006, as vendas do país ao mercado externo aumentaram de 901,1 mil toneladas para 2.532,2 mil toneladas, no mesmo período de criação do Serviço de Rastreabilidade da Cadeia Produtiva de Bovinos e Bubalinos (SISBOV)⁸⁶, indicando a importância da segurança alimentar no comércio mundial de carnes vermelhas.

Registrou-se crescente participação do Brasil nas exportações mundiais de produtos cárneos a partir de 1991, no contexto do presente estudo. Simultaneamente, observou-se situação oposta no caso da Argentina, principalmente para comércio de carnes vermelhas processada. A Argentina, país que apresentava maior quantidade exportada do produto até início da década de 1990, teve queda de aproximadamente 84,5% da exportação de carnes vermelhas processadas nos intervalos de período subsequentes, abordados no presente estudo (1995 a 2016).

Cane *et al*⁸⁷ indicaram intervenções sucessivas do governo argentino na cadeia produtiva de carne bovina para controle da ocorrência de doenças, desestimulando a produção. A aplicação de normas e regulamentos para controle da infecção no território argentino, elaboradas de acordo com recomendações da Organização Mundial da Saúde Animal (IOE) para prevenção da encefalopatia espongiforme bovina⁸⁸, resultaram em níveis de intervenção tão altos que incluíram, entre outras estratégias, redução das exportações para controle da inflação no país entre 2007 e 2009, segundo Velloso⁸⁹.

No quinquênio de 2006 a 2010, verificou-se queda de importações de carnes vermelhas *in natura*, à exceção da China. Os resultados apresentados são condizentes com estudo conduzido pelo USDA⁹⁰, que indicam a crise financeira norte-americana como principal fonte de instabilidade econômica mundial em 2008, gerando reflexos nas exportações de vários países.

Simultaneamente, o relatório do USDA também apresenta dados referentes às exportações norte-americanas, que tiveram redução de aproximadamente 25% em relação ao ritmo de crescimento mundial^{90,91}. Gastardelo, Melz & Marion Filho⁹² também indicaram queda no nível geral das exportações norte-americanas em torno de 12% entre 2003 e 2008. Todavia, os resultados obtidos na presente pesquisa indicaram que, no caso das exportações norte-americanas de carnes vermelhas (*in natura* e processada) não tiveram interrupção no crescimento desde início dos anos 2000. A queda nas exportações gerais dos Estados Unidos, segundo dados do USDA⁹¹, foi motivada pelo surgimento de três casos de EEB em dezembro 2003, nos estados de Washington, Alabama e Texas.

Os resultados da dissertação são condizentes com estudo de Florindo *et al*⁹³, que apontaram incremento de 73% nas exportações norte-americanas de carne bovina entre 2006 e 2009, mesmo mediante redução das exportações totais devido à crise financeira. Os casos de encefalopatia espongiforme bovina, segundo Florindo *et al*⁹³, tiveram efeitos restritos em decorrência de restrições impostas à importação de carne bovina brasileira pela União Europeia, espaço ocupado pelas exportações norte-americanas. Em períodos anteriores, restrições impostas ao mercado norte-americano haviam possibilitado crescimento das exportações brasileiras ao mercado europeu, gerando um crescimento de 211% nas exportações brasileiras - efeito condizente com pico de exportações brasileiras no intervalo de 2001 a 2005 no presente estudo.

A partir de 2005, a participação brasileira no comércio mundial de carnes enfrentou barreiras sanitárias, ocasionando restrições às exportações brasileiras, devido aos casos de febre aftosa^{86,94-96} que prejudicaram exportação de carne suína e bovina⁹⁷. Países da União Europeia, afetados pela crise da disseminação da encefalopatia espongiforme bovina (também denominada mal da ‘vaca louca’ ou doença de

Creutzfeldt-Jakob)⁹⁸⁻¹⁰¹, exigiram padrões de qualidade elevados⁹³ em relação ao padrão de produção da carne brasileira.

Contudo, boa parte do excedente da produção no Brasil foi direcionado à Venezuela, que apresentava menor exigência em questões sanitárias, embora preços inferiores comparados aos do mercado europeu. O redirecionamento para novos mercados resultou em crescimento das exportações brasileiras em 125% e ao incremento do comércio em 337%⁹³, minimizando perdas de exportações brasileiras no período, apesar das crises sanitárias.

8.2. Associação entre consumo de carnes e indicadores de saúde populacional

Ao contrário de vários estudos, que apontam consumo da carnes vermelhas como fator de risco à saúde pública, o presente trabalho analisou separadamente disponibilidade de calorias e proteínas de origem animal, assim como oferta de calorias e proteínas de carnes vermelhas, indicando associação positiva entre disponibilidade de calorias de carnes vermelhas em relação à menor prevalência de anemia entre mulheres e crianças, menor mortalidade infantil e maior expectativa de vida das populações mundiais (>60 anos). Isso permitiu apontar necessidade de maior aprofundamento na investigação do papel do consumo de carnes vermelhas no estado de saúde em nível populacional, separando-se efeitos do consumo de carnes *in natura* e processadas.

Atualmente, cerca de 1 bilhão de indivíduos apresentam ingestão inadequada de proteínas em nível mundial, incluindo 165 milhões crianças menores de 5 anos de idade¹⁰². A deficiência proteica resulta em múltiplas síndromes clínicas, como¹⁰³⁻¹⁰⁶:

- Desequilíbrio endócrino (níveis reduzidos de insulina, hormônio do crescimento, IGF-I e hormônios da tireóide no plasma);

- Atraso no crescimento e desenvolvimento de crianças e jovens (incluindo desenvolvimento cognitivo);
- Prejuízos na absorção, transporte e armazenamento de nutrientes (incluindo vitaminas, minerais aminoácidos, glicose e ácidos graxos);
- Anemia ferropriva;
- Insuficiência cardíaca; anormalidades cardiovasculares e hipertensão;
- Resposta imune prejudicada; aumento da frequência de infecções e elevação de taxas de morbimortalidade por doenças infecciosas.

A deficiência severa de aminoácidos é observável em qualquer comunidade e em qualquer faixa etária, devido às dietas pobres, sendo frequentemente acentuada pela ingestão inadequada de energia^{107,108}.

8.2.1. Anemia entre mulheres e crianças

A ingestão de carnes vermelhas e alimentos fortificados com ferro desde a infância é apontada como uma das principais estratégias para prevenção de doenças por carência de ferro¹⁰⁹⁻¹¹⁸. No entanto, também há evidências contraditórias que sugerem possibilidade de manutenção dos níveis de ferro sérico mesmo em dietas vegetarianas ou com baixo consumo de carne branca ou vermelha.

A deficiência de ferro é principal causa de anemia, entretanto, há necessidade de cautela na indicação de complementação ou suplementação da alimentação¹¹⁹. A maioria dos estudos transversais em mulheres jovens não identificou associação entre ingestão de ferro na dieta e nível de ferro no organismo¹²⁰⁻¹³⁴, e somente estudos realizados em mulheres de 35 a 60 anos apresentaram relação positiva entre consumo de ferro e níveis séricos¹³⁴. Além disso, é relevante refletir sobre a possibilidade de potenciais efeitos de programas de suplementação e/ou fortificação de cada país não terem sido considerados

nos modelos, o que pode interferir nos níveis de prevalência de anemia considerados nos resultados.

Quanto ao consumo de carne, estudos com mulheres jovens demonstraram associação positiva entre ingestão de carne e nível de ferro no organismo^{120,123,129,132,134-139} ou ferro heme^{124,128,129,135,140}; sendo que há poucos estudos que não identificaram associação^{130,141}. A maioria dos estudos conduzidos com indivíduos vegetarianos apontou concentrações séricas de ferritina mais baixas do que entre indivíduos onívoros^{132,142-144}, sugerindo maior grau de deficiência de ferro em vegetarianos^{118,126,142,143,145}.

As evidências da literatura relacionaram ocorrência de doenças por carência de ferro, nível de ferro no organismo e/ou ferro heme com baixo consumo de carne vermelha. Poucos estudos investigaram associação da disponibilidade proteica e calórica de alimentos de origem animal ou carnes vermelhas com prevalência de anemia. O presente estudo apontou associação entre oferta de alimentos de origem animal e, especialmente, carnes vermelhas, em relação a menor prevalência de anemia em populações de diferentes países. Assim, considera-se que carne é uma das principais fontes de ferro e instrumento importante na prevenção de anemia. Além disso, evidenciou-se o papel da disponibilidade de calorias (calorias totais de origem animal e provenientes da carne vermelha) na redução da prevalência de anemia ferropriva entre crianças e mulheres em idade fértil.

8.2.2. Mortalidade infantil

A ingestão habitual de alimentos de origem animal (como proporção da ingestão calórica diária total) tem sido apontada como principal preditor de resultados positivos em crescimento infantil, afeição, função cognitiva, atividade física e *status* de micronutrientes, diminuindo a morbidade e a mortalidade infantil^{146,147}. A ingestão diária

média da energia proveniente de alimentos de origem animal apresenta relação com estatura e ganho de peso de crianças, assim como níveis séricos de ferro heme, vitamina A, cálcio e vitamina B12¹⁴⁸⁻¹⁵⁰.

Fledderjohann *et al*¹⁵¹ indicaram também resultados positivos do consumo de alimentos de origem animal sobre desnutrição e sobrevivência infantil, apontando que aumento dos preços de produtos cárneos e laticínios estavam associados a piores resultados de mortalidade infantil, assim como outros estudos¹⁵²⁻¹⁵⁴. Entretanto, alguns estudos ecológicos e estudos de caso-controle¹⁵⁵⁻¹⁵⁷ destacaram associação somente entre ingestão de leite e derivados em relação ao crescimento infantil, sem resultados relevantes no que tange ao consumo de carne.

De forma geral, as evidências existentes na literatura revelam que disponibilidade de carne na alimentação resulta em melhores indicadores de crescimento, micronutrientes, desempenho cognitivo e redução da prevalência de anemia entre crianças, assim como resultados apresentados pelo presente estudo referentes à associação entre oferta de calorias de origem animal e carnes em relação à taxa de mortalidade infantil e anemia entre mulheres e crianças.

8.2.3. *Expectativa de vida*

Globalmente, a desnutrição calórico-proteica é responsável por cerca de 6 milhões de mortes por ano¹⁵⁸. A absorção eficiente de minerais da dieta e a mineralização óssea dependem do consumo apropriado de proteínas, assim, a ingestão de proteínas tem relação com crescimento ósseo em bebês e crianças e a saúde óssea de adultos¹⁵⁹⁻¹⁶².

Por outro lado, Pitt e Bendavid¹⁶³ observaram que aumentos nos preços de carnes resultaram em diminuição da prevalência de obesidade e aumento da expectativa de vida na população em geral. A análise por subgrupos subpopulacionais, segundo Índice de

Massa Corporal (IMC) apontou queda de qualidade e anos de vida entre indivíduos de grupos com menor IMC. Segundo os autores, o papel do consumo de carne deve ser destacado na determinação do estado de saúde em nível individual, devendo-se analisar de forma cuidadosa dados em nível populacional.

Segund Farch *et al*¹⁶⁴, há evidências quanto à associação positiva entre consumo de carne vermelha processada e mortalidade por câncer e doenças cardiovasculares. Da mesma forma, Li *et al*¹⁶⁵ apontaram existência de associação direta entre consumo de carnes vermelhas (processadas e *in natura*, indistintamente) em relação às taxas de mortalidade para adultos com idade superior a 40 anos, confirmando resultados de uma meta-análise alemã¹⁶⁶ que sugere consumo máximo de 20g por dia de carnes vermelhas.

8.2.4. Doenças Crônicas não Transmissíveis (DCNT)

Há inúmeros estudos quanto ao potencial efeito do consumo de carnes vermelhas em relação à ocorrência de algumas DCNT, entretanto, grande parte das evidências focalizou somente ingestão de proteínas de origem animal. O presente estudo apresentou análise de associação entre disponibilidade de calorias de origem animal e oferta de calorias de carnes vermelhas em relação à prevalência de DCNT em nível populacional, tendo em vista que são doenças responsáveis por significativa proporção da mortalidade em nível populacional no mundo¹⁶⁷, relacionadas diretamente com nutrição¹⁶⁸.

Zeraatkar *et al*¹⁶⁹ destacaram incertezas quanto às relações causais estabelecidas entre consumo de carnes vermelhas e indicadores cardiometabólicos ou risco de ocorrência de câncer em estudos recentemente publicados. Ademais, apontaram discordâncias em relação às recomendações vigentes em prol da limitação de consumo de carnes vermelhas dos EUA, Reino Unido e *World Cancer Research Fund*. Segundo os

autores, há baixo nível de evidências em relação à melhoria de indicadores de qualidade de vida e níveis de colesterol HDL pela redução do consumo de carnes.

Estudos recentes de coorte, incluindo *Nurse's Health Study* e *Professional Health*, mostraram associações sem significância estatística ou mesmo associações inversas entre consumo de carne vermelha *in natura* e câncer colorretal^{170,171}. Além disso, estudos de intervenção sobre relação entre dieta e câncer, como *Women's Health Initiative* e Teste de Prevenção de Pólipo, indicaram que uma diminuição de consumo de proteína animal (carne vermelha *in natura* e processada) não reduz risco de câncer colorretal e/ou não influencia recorrência de tumor intestinal^{172,173}.

Por outro lado, gordura saturada, colesterol e ferro presentes na carne têm sido fatores apontados como participantes em processos ateroscleróticos, que resultam em fatores de risco de DCNT, hipertensão, hipercolesterolemia, disfunção endotelial, resistência insulínica e diabetes tipo 2¹⁷⁴⁻¹⁷⁸.

Apesar da variedade de revisões sistemáticas que reportaram prejuízos à saúde derivados do consumo habitual de carne vermelha (mortalidade geral, mortalidade cardiovascular, derrame, doença coronária e diabetes tipo 2)¹⁷⁹⁻¹⁸³, há considerável debate no meio científico quanto à falta de consistência dos resultados identificados na literatura. Recente revisão incluindo mais de 100 estudos (~6 milhões de participantes) concluiu que mudanças no consumo diário de carne por longo período possivelmente resultam em diferenças mínimas de risco para diversas doenças, como câncer, mortalidade cardiovascular, mortalidade por doenças isquêmicas do coração, acidente vascular cerebral e diabetes tipo 2¹⁸⁴⁻¹⁸⁷. Há alta diversidade metodológica dos estudos conduzidos com enorme variabilidade de resultados, desde estudos que mostraram aumento de risco de mortalidade¹⁸⁸⁻¹⁹², até estudos que apontaram relação inversa entre exposição e risco¹⁹³⁻¹⁹⁵.

No presente estudo, diferentemente das demais evidências na literatura, identificou-se associação positiva entre disponibilidade de calorias provenientes da carne vermelha em um país em relação à taxa de mortalidade por doenças crônicas não transmissíveis. Entretanto, é importante ressaltar a natureza ecológica das análises do presente estudo como limitação inerente às bases de dados utilizadas, apontando associações em indicadores agregados em nível geográfico e populacional, mas sem possibilidade de inferências em nível individual.

Em contrapartida, a disponibilidade de calorias e lipídios de origem animal apresentou comportamento oposto, influenciando negativamente a ocorrência de mortalidade por doenças crônicas não transmissíveis em nível populacional. Ademais, considerando ausência de dados para determinados grupos de países, há maior limitação dos resultados obtidos nos modelos para DCNT do que nos modelos estimados para demais indicadores de saúde.

9. CONCLUSÃO

A partir das evidências analisadas no presente trabalho, foi possível concluir que ocorreu significativa evolução do mercado mundial de carnes vermelhas ao longo das últimas três décadas, entre 1986 e 2016. Além disso, notou-se maior participação do Brasil nas exportações mundiais de carnes vermelhas, especialmente carnes *in natura*, a partir dos anos 2000, determinante para sua posição atual de maior exportador de carnes vermelhas. Tendo em vista a importância do mercado em questão à economia brasileira e mundial, a tendência de crescimento do setor de atividade deve contribuir ao crescimento do país, assim como à evolução das trocas bilaterais de alimentos entre países no comércio internacional.

Em termos de associação da oferta de alimentos de origem animal e carnes vermelhas com indicadores de saúde em nível populacional, os resultados apresentados mostraram-se divergentes da maioria da literatura no tema. De forma geral, a disponibilidade de calorias e proteínas de origem animal, assim como calorias e proteínas provenientes de carnes vermelhas, apresentaram associação positiva estatisticamente significativa com boa parte dos indicadores de saúde investigados no contexto da nutrição em saúde pública (anemia entre mulheres e crianças, taxa de mortalidade infantil, expectativa de vida e mortalidade por DCNT).

10. REFERÊNCIAS

1. Popkin BM. The nutrition transition and obesity in the developing world. *J Nutr* 2001; 22:355-75.
2. Marsh K, Zeuschner C, Saunders A. Health implications of a vegetarian diet: a review. *Am J Lifestyle Med*. 2012; 6(3):250-67.
3. Biase SG, Fernandes SFC, Gianini RJ, Duarte JLG. Vegetarian diet and cholesterol and triglycerides levels. *Arq Bras Cardiol*. 2007; 88(1):35-9.
4. Hadley SA, Saamann L. Lipid physiology and nutritional considerations in coronary heart disease. *Crit Care Nurs*. 1991; 11(10):28-39.
5. Millward DJ, Garnett T. Food and the planet: nutritional dilemmas of greenhouse gas emission reductions through reduced intakes of meat and dairy foods. *Proc Nutr Soc*. 2009; 69:103-18.
6. Secchi DG, Aballay LR, Galíndez MF, Piccini D, Lanfranchi H, Brunotto M. Red meat, micronutrients and oral squamous cell carcinoma of Argentine adult patients. *Nutr Hosp*. 2015; 32(3):1214-21.
7. Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne (ABIEC). Evolução da exportação de carne pelo Brasil, 2007. Disponível em: http://www.abiec.com.br/estatisticas_relatorios.asp [Consulta em 02 de setembro de 2018].
8. United States Department of Agriculture (USDA). Livestock and poultry: world markets and trade. Foreign Agricultural Service/USDA; 2014.
9. Bender A. Meat and meat products in human nutrition in developing countries. *FAO Food and Nutrition Paper 53*. Rome: FAO; 1992.
10. Williams P. Nutritional composition of red meat. *Nutr Diet*, 2010; 64, S113-9.
11. Średnicka-Tober D, Barański M, Seal C, Sanderson R, Benbrook C, Steinshamn H, Gromadzka-Ostrowska J, Rembiałkowska E, Skwarło-Sońta K, Eyre M, Cozzi G, Krogh Larsen M, Jordon T, Niggli U, Sakowski T, Calder PC, Burdge GC, Sotiraki S, Stefanakis A, Yolcu H, Stergiadis S, Chatzidimitriou E, Butler G, Stewart G, Leifert C. Composition differences between organic and conventional meat: a systematic literature review and meta-analysis. *Br J Nutr*. 2016;115(6):994-1011.
12. Jiang R, Manson JE, Stampfer MJ, Liu S, Willett WC, Hu FB. Nut and peanut butter consumption and risk of type 2 diabetes in women. *JAMA*. 2002; 288(20):2554-60.
13. Kris-Etherton PM, Yu S. Individual fatty acid effects on plasma lipids and lipoproteins: human studies. *Am J Clin Nutr*. 1997; 65(5Suppl):1628S-44S.

14. Alonso A, Ruiz-Gutierrez V, Martinez-González MA. Monounsaturated fatty acids, olive oil and blood pressure: epidemiological, clinical and experimental evidence. *Public Health Nutr.* 2006; 9(2):251-7.
15. Hu FB, Stampfer MJ, Manson JE, Ascherio A, Colditz GA, Speizer FE, Hennekens CH, Willett WC. Dietary saturated fat and their food sources in relation to the risk of coronary heart disease in women. *Am J Clin Nutr.* 1999; 70:1001-8.
16. Keys A. Coronary heart disease in seven countries. *Circulation.* 1970; 41(1):186-95.
17. Artaud-Wild SM, Connor SL, Sexton G, Connor WE. Differences in coronary mortality can be explained by differences in cholesterol and saturated fat intakes in 40 countries but not in France and Finland. A paradox. *Circulation.* 1993; 88(6):2771-9.
18. Pietinen P, Ascherio A, Korhonen P, Hartman AM, Willett WC, Albanes D, Virtamo J. Intake of fatty acids and risk of coronary heart disease in a cohort of Finnish men. The Alpha-Tocopherol, Beta-Carotene Cancer Prevention Study. *Am J Epidemiol.* 1997; 145(10):876-87.
19. Ximenes RSF. Perfil de ácidos graxos da carne bovina. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Medicina Veterinária) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre; 2009.
20. Bertol TM, Ludke JV, Bellaver C. Efeito do peso do suíno em terminação ao início da restrição alimentar sobre o desempenho e a qualidade da carcaça. *Rev Bras Zootec.* 2001; 30(2):417-24.
21. Rossi CAR, Lovatto PA, Lehnen CR, Andretta I, Ceron MS, Lovato GD. Alimentação de suínos em terminação com dietas contendo extratos cítricos e ractopamina: características químicas e perfil de ácidos graxos do músculo longissimus dorsi. *ARS Veterinaria.* 2010; 26(2):95-103.
22. Pomar C, Hauschild L, Zhang G-H, Pomar J, Lovatto PA. Applying precision feeding techniques in growing-finishing pig operations. *Rev Bras Zootec.* 2009; 38:226-37.
23. Latorre MA, Lázaro R, Valencia DG, Medel P, Mateos GG. The effects of gender and slaughter weight on the growth performance, carcass traits, and meat quality characteristics of heavy pigs. *J Anim Sci.* 2004; 82(2):526-533.
24. Lebret B. Effects of feeding and rearing systems on growth, carcass composition and meat quality in pigs. *Animal.* 2008; 2:1548-58.
25. Oda SHI, Bressan MC, Cardoso MG, Freitas RTF, Miguel GZ, Faria PB, Vieira JO, Pisa ACC, Savian TV. Efeitos dos métodos de abate e sexo na composição

centesimal, perfil de ácidos graxos e colesterol da carne de capivaras. *Ciênc Tecnol Aliment.* 2004; 24(2):236-42.

26. Rey AI, Daza A, López-Carrasco C, López-Bote CJ. Feeding Iberian pigs with acorns and grass in either free-range or confinement affects the carcass characteristics and fatty acids and tocopherols accumulation in Longissimus dorsi muscle and backfat. *Meat Sci.* 2006; 73:66-74.
27. Ríos-Utrera A, Cundiff LV, Gregory KE, Koch RM, Dikeman ME, Koohmaraie M, Van Vleck LD. Effects of age, weight, and fat slaughter end points on estimates of breed and retained heterosis effects for carcass traits. *J Anim Sci.* 2006; 84(1):63-87.
28. Appleby PN, Davey GK, Key TJ. Hypertension and blood pressure among meat eaters, fish eaters, vegetarians and vegans in EPIC-Oxford. *Public Health Nutr.* 2002; 5(5):645-54.
29. Bernstein AM, Sun Q, Hu FB, Stampfer MJ, Manson JE, Willett WC. Major dietary protein sources and risk of coronary heart disease in women. *Circulation.* 2010; 122(9):876-83.
30. Berkow SE, Barnard ND. Blood pressure regulation and vegetarian diets. *Nutr Rev.* 2005; 63(1):1-8.
31. Fung TT, Rexrode KM, Mantzoros CS, Manson JE, Willett WC, Hu FB. Mediterranean diet and incidence of and mortality from coronary heart disease and stroke in women. *Circulation.* 2009; 119(8):1093-100.
32. Martínez-González MA, Fernández-Jarne E, Serrano-Martínez M, Martí A, Martínez JA, Martín-Moreno JM. Mediterranean diet and reduction in the risk of a first acute myocardial infarction: an operational healthy dietary score. *Eur J Nutr.* 2002; 41(4):153-60.
33. Rohrmann S, Overvad K, Bueno-de-Mesquita HB, Jakobsen MU, Egeberg R, Tjønneland A, Nailler L, Boutron-Ruault MC, Clavel-Chapelon F, Krogh V, Palli D, Panico S, Tumino R, Ricceri F, Bergmann MM, Boeing H, Li K, Kaaks R, Khaw KT, Wareham NJ, Crowe FL, Key TJ, Naska A, Trichopoulou A, Trichopoulos D, Leenders M, Peeters PH, Engeset D, Parr CL, Skeie G, Jakszyn P, Sánchez MJ, Huerta JM, Redondo ML, Barricarte A, Amiano P, Drake I, Sonestedt E, Hallmans G, Johansson I, Fedirko V, Romieux I, Ferrari P, Norat T, Vergnaud AC, Riboli E, Linseisen J.. Meat consumption and mortality - results from the European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition. *BMC Medicine.* 2013; 11:63.
34. Biesalski HK. Meat as a component of a healthy diet - are there any risks or benefits if meat is avoided in the diet? *Meat Sci.* 2004; 70:509-24.

35. Wang B, Smyl C, Chen CY, Li XY, Huang W, Zhang HM, Pai VJ, Kang JX. Suppression of postprandial blood glucose fluctuations by a low-carbohydrate, high-protein, and high-omega-3 diet via inhibition of gluconeogenesis. *Int J Molecular Sci.* 2018; 19(7):1823.
36. Kourlaba G, Panagiotakos DB. Dietary quality indices and human health: a review. *Maturitas.* 2009; 62(1):1-8.
37. Volp A, Alfenas R, Costa N. Índices dietéticos para avaliação da qualidade de dietas. *Rev Nutr.* 2010; 23(2):281-95.
38. Ramsden CE, Zamora D, Majchrzak-Hong S, Faurot KR, Broste SK, Frantz RP, Davis JM, Ringel A, Suchindran CM, Hibbeln JR. Re-evaluation of the traditional diet-heart hypothesis: analysis of recovered data from Minnesota Coronary Experiment (1968-73). *BMJ.* 2016; 353:i1246.
39. World Health Organization. Protein and amino acid requirements in human nutrition. WHO Technical Report Series no. 935. Geneva: WHO/FAO/UNU; 2007.
40. Cureau FV, Duarte P, dos Santos DL, Reichert FF. Clustering of risk factors for noncommunicable diseases in Brazilian adolescents: prevalence and correlates. *J Phys Act Health.* 2014; 11(5):942-9.
41. American Dietetic Association / Dietitians of Canada. Position of the American Dietetic Association and Dietitians of Canada: vegetarian diets. *J Am Diet Assoc.* 2003; 103(6):748-65.
42. Gilsing AM, Crowe FL, Lloyd-Wright Z, Sanders TA, Appleby PN, Allen NE, Key TJ. Serum concentrations of vitamin B12 and folate in British male omnivores, vegetarians and vegans: results from a cross-section analysis of the EPIC- Oxford cohort study. *Eur J Clin Nutr.* 2010; 64(9):933-9.
43. Allen LH. How common is vitamin B-12 deficiency? *Am J Clin Nutr.* 2009; 89(2):693S-6S.
44. Haddad EH, Berk LS, Kettering JD, Hubbard RW, Peters WR. Dietary intake and biochemical, hematologic, and immune status of vegans compared with non-vegetarians. *Am J Clin Nutr.* 1999; 70(3):586-93.
45. Ascherio A, Willett WC, Rimm EB, Giovannucci EL, Stampfer MJ. Dietary iron intake and risk of coronary disease among men. *Circulation.* 1994; 89:969-74.
46. van der A DL, Peeters PH, Grobbee DE, Marx JJ, van der Schouw YT. Dietary haem iron and coronary heart disease in women. *Eur Heart.* 2005; 26:257-62.
47. Klipstein-Grobusch K, Grobbee DE, den Breeijen JH, Boeing H, Hofman A, Witteman JC. Dietary iron and risk of myocardial infarction in the Rotterdam Study. *Am J Epidemiol.* 1999; 149:421-28.

48. Sesink AL, Termont DS, Kleibeuker JH, Van Der Meer R. Red meat and colon cancer: dietary haem, but not fat, has cytotoxic and hyperproliferative effects on rat colonic epithelium. *Carcinogenesis*. 2000; 21:1909-15.
49. Cross AJ, Pollock JRA, Bingham SA. Haem, not protein or inorganic iron, is responsible for endogenous intestinal N-nitrosation arising from red meat. *Cancer Res*. 2003; 63:2358-60.
50. Bao W, Rong Y, Rong S, Liu L. Dietary iron intake, body iron stores, and the risk of type 2 diabetes: a systematic review and meta-analysis. *BMC Med*. 2012; 10:119.
51. Taylor RS1, Ashton KE, Moxham T, Hooper L, Ebrahim S. Reduced dietary salt for the prevention of cardiovascular disease. *Cochrane Database Syst Rev*. 2011 Jul 6;(7):CD009217.
52. Battaglia Richi E, Baumer B, Conrad B, Darioli R, Schmid A, Keller U. Health risks associated with meat consumption: a review of epidemiological studies. *Int J Vitam Nutr Res*. 2015; 85(1-2):70-8.
53. Kim Y, Keogh J, Clifton P. A review of potential metabolic etiologies of the observed association between red meat consumption and development of type 2 diabetes mellitus. *Metabolism*. 2015; 64(7):768-79.
54. Cranfield JAL, Hertel TW, Eales JS, Preckel PV. Changes in the structure of global food demand. *Am J Agr Econ*. 1998; 80(5):1042-51.
55. Organization for Economic Cooperation and Development (OECD/FAO). OECD-FAO Agricultural Outlook 2016-2025. Paris, 2016. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1787/agr_outlook-2016-en [Consulta em 02 set. 2018].
56. Levy-Costa RB, Sichieri R, Pontes NS, Monteiro CA. Disponibilidade domiciliar de alimentos no Brasil: distribuição e evolução (1974-2003). *Rev Saúde Pública*. 2005; 39(4):530-40.
57. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Pesquisa de Orçamentos Familiares 2008-2009: despesas, rendimentos e condições de vida. Rio de Janeiro: IBGE; 2011.
58. World Health Organization (WHO). Q&A on the carcinogenicity of the consumption of red meat and processed meat. Geneva: WHO; 2015. Disponível em: <http://www.who.int/features/qa/cancer-red-meat/en/> [Consulta em 22 ago. 2018].
59. Schluter G, Lee C. Changing food consumption patterns: their effect on the U.S. food system, 1972-1992. *Food Review*. 1999; 22(2):35-7.

60. Regmi A, Gehlthar M. Consumer preferences and concerns shape global food trade. *Food Review*. 2001; 24(3):2-8.
61. Trubek DM, Coutinho DR, Schapiro MG. New state activism in Brazil and the challenge for law. Paper presented at Institute for Global Law and Policy - Harvard Law School; 2012.
62. Belk KE, Woerner DR, Delmore RJ, Tatum JD, Yang H, Sofos JN. The meat industry: do we think and behave globally or locally? *Meat Science*. 2014; 98(2014):556-60.
63. Mueller B, Mueller C. The economics of the Brazilian model of agricultural development. IRIBA Working paper 01. Manchester: International Research Initiative on Brazil and Africa (IRIBA), 2014.
64. Pereira LH, Pozzobon D, Pereira SCF. Internationalization strategies of the Brazilian beef industry. In: 20th. Annual Conference of the Production and Operations Management Society (POMS); 2009.
65. Pigatto G, Pigatto GAS. The strategy for internationalization of Brazilian meat industries and the role of the development bank. *Informe Gepec*. 2015; 19(2):126-146.
66. Karsaklian E. *Comportamento do consumidor*. São Paulo: Atlas; 2000.
67. Garber Jr LL, Hyatt EM, Starr Jr RG. Measuring consumer response to food products. *Food Quality and Preference*. 2002; 14(1):3-15.
68. Barabási AL, Bonabeau E. Scale-free networks. *Scientific American*. 2003; 288(5):60-9.
69. Strogatz SH. Exploring complex networks. *Nature*. 2001; 410:268-76.
70. Mitchell M. *Complexity: a guided tour*. New York: Oxford University Press; 2009.
71. Scott J. *Social network analysis: a handbook*. London: Sage Publications; 2000.
72. Barabasi AL, Albert R. Emergence of scaling in random networks. *Science*. 1999; 286:509-12.
73. Freeman LC. Centrality in social networks: I. Conceptual clarification. *Social Networks*. 1979; 1:215-39.
74. Wasserman S, Faust K. *Social network analysis: methods and applications*. Cambridge: Cambridge University Press; 1994.
75. Cherven K. *Mastering Gephi network visualization: produce advanced network graphs in Gephi and gain valuable insights into your network datasets*. Birmingham: Packt Publishing Ltd., 2015.

76. United Nations Inter-Agency Group for Child Mortality Estimates (UN-IGME). Levels and trends in child mortality: report 2017. New York: UNICEF, 2017. Disponível em: <http://www.childmortality.org> [Consulta em 08 out. 2019].
77. World Health Organization (WHO). Global Strategy for Women's, Children's and Adolescents' Health (2016-2030): under-5 mortality rate [SDG 3.2.1]. Geneva: WHO, 2019. Disponível em: <http://apps.who.int/gho/data/node.gswcah> [Consulta em 08 out. 2019].
78. World Health Organization (WHO). 10 facts on ageing and health. Geneva: WHO, 2019. Disponível em: <https://www.who.int/features/factfiles/ageing/en/> [Consulta em 08 out. 2019].
79. World Health Organization (WHO). Worldwide prevalence of anaemia 1993-2005: WHO Global Database on Anaemia. Geneva: WHO, 2008.
80. World Health Organization (WHO). Total NCD mortality: data by country. NCD death rate, age-standardized (per 100,000 population), 2000-2016 (both sexes). Disponível em: http://gamapserver.who.int/gho/interactive_charts/ncd/mortality/total/atlas.html [Consulta em 08 out. 2019].
81. Jank MS. Rastreabilidade nos agronegócios. In: Zylberstajn D, Scare RF. (Orgs.). Gestão da qualidade no agribusiness - estudos e casos. São Paulo: Atlas, 2003.
82. Almeida AK, Michels IL. O Brasil e a economia mundo: o caso da carne bovina. Ensaios FEE. 2012; 33(1):207-230.
83. World Health Organization (WHO). Infections control guidelines for transmissible spongiform encephalopathies. Geneva: WHO, 1999.
84. Bowling MB, Belk KE, Nightingale KK, Goodridge LD, Scanga JA, Sofos JN, Tatum JD, Smith GC. Central nervous system tissue in meat products: an evaluation of risk, prevention strategies, and testing procedures. Advances in Food and Nutrition Research. 2007; 53:39-64.
85. Michels IL. A bovinocultura de corte brasileira e o mercado externo: regiões sanitárias e a cadeia produtiva da carne bovina de Mato Grosso do Sul. 2000. Tese (Doutorado em Geografia) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas (FFLCH), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.
86. Florindo TJ, Medeiros GIB de, Mauad JRC. Análise das barreiras não tarifárias à exportação de carne bovina. Revista de Política Agrícola. 2015; 24(2):52-63.
87. Cané BG, Gimeno EJ, Manetti JC, Van Gelderen C, Ulloa C, Schudel AA. Análisis de los factores de riesgo asociados a la encefalopatía espongiforme bovina en Argentina. Rev. Sci. Tech. Off. Int. Epiz. 1993; 12(4):1203-34.

88. Schudel AA, Carrillo BJ, Gimeno EJ, Weber EL, Blanco Viera J, van Gelderen C, Ulloa E, Nader A, Cané BG. Bovine spongiform encephalopathy surveillance in Argentina. *Rev. Sci. Tech. Off. Int. Epiz.* 1994; 13 (3):801-18.
89. Velloso R, Scibona N, Szewach E, Oliveira D. Intervenção estatal e populismo: a Argentina do início do século XXI. Rio de Janeiro: Forum Nacional, 2014. 116p.
90. United States Department of Agriculture (USDA). Agricultural baseline projections to 2014. Washington: USDA, 2014. Disponível em: <http://www.usda.gov>. [Consulta em 10 fev. 2019].
91. United States Department of Agriculture (USDA). Frequently asked questions on BSE (Bovine Spongiform Encephalopathy or mad cow disease). Washington: USDA, 2013. Disponível em: http://www.usda.gov/wps/portal/usda/usdahome?contentid=BSE_FAQs.xml [Consulta em 15 mai. 2019].
92. Gastardelo TAR, Melz LJ, Marion Filho PJ. A competitividade das exportações de carne suína: os casos do Brasil e dos Estados Unidos. *Revista UNEMAT de Contabilidade.* 2016; 5(9):124-137.
93. Florindo TJ, Medeiros GIB, Costa JS, Ruviano CF. Competitividade dos principais países exportadores de carne bovina no período de 2002 a 2013. *Revista de Economia e Agronegócio.* 2015; 12(1-3):71-90.
94. Souza LGA, Camara MRG, Sereia VJ. As exportações e a competitividade da carne bovina brasileira e paranaense no período 1990-2005. *Revista Paranaense de Desenvolvimento.* 2008; 114:153-178.
95. Rojas H, Romero JR. Where to next with animal health in Latin America? The transition from endemic to disease-free status. *Rev Sci Tech Off Int Epiz.* 2017; 36(1):331-348.
96. Sherman DM. The spread of pathogens through trade in small ruminants and their products. *Rev Sci Tech Off Int Epiz.* 2011; 30(1):207-217.
97. Rocha DT, Moura AD, Girotto AF. Análise de risco de sistemas de produção de suínos, integrado e independente, em períodos de alta e baixa rentabilidade. *Revista de Economia e Agronegócio.* 2007; 5(3):401-424.
98. Astudillo V, Sutmoller P, Saraiva V, López A. Risks of introducing foot and mouth disease through the importation of beef from South America. *Rev Sci Tech.* 1997; 16(1):33-44.
99. Sellier P. Protein nutrition for ruminants in European countries, in the light of animal feeding regulations linked to bovine spongiform encephalopathy. *Rev Sci Tech.* 2003; 22(1):259-69.

100. Mitra D, Amaratunga C, Sutherns R, Pletsch V, Corneil W, Crowe S, Krewski D. The psychosocial and socioeconomic consequences of Bovine Spongiform Encephalopathy (BSE): a community impact study. *J Toxicol Environ Health A*. 2009;72(17-18):1106-12.
101. Setbon M, Raude J, Fischler C, Flahault A. Risk perception of the “mad cow disease” in France: determinants and consequences. *Risk Anal*. 2005; 25(4):813-26.
102. Wu G, Fanzo J, Miller DD, Pingali P, Post M, Steiner JL, Thalacker-Mercer AE. Production and supply of high- quality food protein for human consumption: sustainability, challenges, and innovations *Ann NY Acad Sci*. 2014; 1321(1):1-19.
103. Viteri F, Béhar M, Arroyave G, Scrimshaw NS. Chapter 22 - Clinical aspects of protein malnutrition. In: Munro HN, Allison JB. (Eds.). *Mammalian protein metabolism - vol. 2*. New York: Academic Press, 1964.
104. He L, Wu L, Xu ZQ, Li TJ, Yao K, Cui ZJ, Yin YL, Wu G. Low-protein diets affect ileal amino acid digestibility and gene expression of digestive enzymes in growing and finishing pigs *Amino Acids*. 2016; 48(1):21-30.
105. Harper AE, Yoshimura NN. Protein quality, amino acid balance, utilization, and evaluation of diets containing amino acids as therapeutic agents. *Nutrition*. 1993; 9(5):460-9.
106. Wu G, Imhoff-Kunsch B, Girard AW. Biological mechanisms for nutritional regulation of maternal health and fetal development. *Paediatr Perinat Epidemiol*. 2012; 26(Suppl.1):4-26.
107. Wu G. *Amino acids: biochemistry and nutrition*. Boca Raton: CRC Press, 2013.
108. World Health Organization, Food and Agriculture Organization of the United Nations, United Nations University (FAO/WHO/UNU). *Protein and amino acid requirements in human nutrition*. Technical Report Series 935. Geneva: WHO, 2007.
109. Savvas SC, Kafatos A. Is red meat required for the prevention of iron deficiency among children and adolescents? *Curr Pediatr Rev*. 2014; 10(3):177-83.
110. Wu G. Dietary protein intake and human health. *Food Funct*. 2016; 7:1251-65.
111. San Gabriel A, Uneyama H. Amino acid sensing in the gastrointestinal tract. *Amino Acids*. 2013; 45(3):451-61.
112. Atwater WO. *Principles of nutrition and nutritive value of food*. USDA Miscellaneous Publication 546, 1944.
113. Young VR, Borgonha S. Nitrogen and amino acid requirements: the Massachusetts Institute of Technology amino acid requirement pattern. *J Nutr*. 2000; 130(7):1841S-1849S.

114. Lombardi A, Moreno M, Lange P, Iossa S, Busiello RA, Goglia F. Regulation of skeletal muscle mitochondrial activity by thyroid hormones: focus on the “old” triiodothyronine and the “emerging” 3,5-diiodothyronine. *Front Physiol.* 2015; 6, 237.
115. Brosnan JT, Brosnan ME. Creatine: endogenous metabolite, dietary, and therapeutic supplement. *Annu Rev Nutr.* 2007; 27:241-61.
116. Josse AR, Atkinson SA, Tarnopolsky MA, Phillips SM. Increased consumption of dairy foods and protein during diet- and exercise-induced weight loss promotes fat mass loss and lean mass gain in overweight and obese premenopausal women. *J Nutr.* 2011; 141(9):1626-34.
117. Engelmann MD, Sandstrom B, Michaelsen KF. Meat intake and iron status in late infancy: an intervention study. *J Pediatr Gastroenterol Nutr.* 1998; 26:26-33.
118. Haider LM, Schwingshackl L, Hoffmann G, Ekmekcioglu C. The effect of vegetarian diets on iron status in adults: a systematic review and meta-analysis. *Crit Rev Food Sci Nutr.* 2018; 58(8):1359-74.
119. Beck KL, Conlon CA, Kruger R, Coad J. Dietary determinants of and possible solutions to iron deficiency for young women living in industrialized countries: a review. *Nutrients.* 2014; 6(9):3747-76.
120. Brussaard JH, Brants HA, Bouman M, Löwik MR. Iron intake and iron status among adults in the Netherlands. *Eur J Clin Nutr.* 1997; 51(Suppl.3):S51-8.
121. Razagui IB, Barlow PJ, Izmeth MG, Taylor KD. Iron status in a group of long-stay mentally handicapped menstruating women: some dietary considerations. *Eur J Clin Nutr.* 1991; 45(7):331-40.
122. Galán P, Hercberg S, Soustre Y, Dop MC, Dupin H. Factors affecting iron stores in French female students. *Hum Nutr Clin Nutr.* 1985; 39(4):279-87.
123. Heath AL, Skeaff CM, Williams S, Gibson RS. The role of blood loss and diet in the aetiology of mild iron deficiency in premenopausal adult New Zealand women. *Public Health Nutr.* 2001; 4(2):197-206.
124. Pynaert I, De Bacquer D, Matthys C, Delanghe J, Temmerman M, De Backer G, De Henauw S. Determinants of ferritin and soluble transferrin receptors as iron status parameters in young adult women. *Public Health Nutr.* 2009; 12(10):1775-82.
125. Asakura K, Sasaki S, Murakami K, Takahashi Y, Uenishi K, Yamakawa M, Nishiwaki Y, Kikuchi Y, Takebayashi T, Japan Dietetic Students' Study for Nutrition and Biomarkers Group. Iron intake does not significantly correlate with iron deficiency among young Japanese women: a cross-sectional study. *Public Health Nutr.* 2009; 12, 1373-1383.

126. Leonard AJ, Chalmers KA, Collins CE, Patterson AJ. A study of the effects of latent iron deficiency on measures of cognition: a pilot randomised controlled trial of iron supplementation in young women. *Nutrients*. 2014; 6(6):2419-35.
127. Frith-Terhune AL, Cogswell ME, Khan LK, Will JC, Ramakrishnan U. Iron deficiency anaemia: higher prevalence in Mexican American than in non-Hispanic white females in the third National Health and Nutrition Examination Survey, 1988-1994. *Am J Clin Nutr*. 2000; 72(4):963-8.
128. Rangan AM¹, Aitkin I, Blight GD, Binns CW. Factors affecting iron status in 15-30 year old female students. *Asia Pac J Clin Nutr*. 1997; 6(4):291-5.
129. Cade JE, Moreton JA, O'Hara B, Greenwood DC, Moor J, Burley VJ, Kukalich K, Bishop DT, Worwood M. Diet and genetic factors associated with iron status in middle-aged women. *Am J Clin Nutr*. 2005; 82(4):813-20.
130. Swan G. Findings from the latest National Diet and Nutrition Survey. *Proc Nutr Soc*. 2004; 63(4):505-12.
131. Blanco-Rojo R, Baeza-Richer C, López-Parra AM, Pérez-Granados AM, Brichs A, Bertoncini S, Buil A, Arroyo-Pardo E, Soria JM, Vaquero MP. Four variants in transferrin and HFE genes as potential markers of iron deficiency anaemia risk: an association study in menstruating women. *Nutr Metab*. 2011; 8:69.
132. Leonard AJ, Chalmers KA, Collins CE, Patterson AJ. The effect of nutrition knowledge and dietary iron intake on iron status in young women. *Appetite*. 2014; 81:225-31.
133. Booth AO, Lim K, Capper H, Irving D, Fisher J, McNaughton SA, Riddell L, Keller A, Nowson CA. Iron status and dietary iron intake of female blood donors. *Transfusion*. 2014; 54(3 Pt2):770-4.
134. Blanco-Rojo R, Toxqui L, López-Parra AM, Baeza-Richer C, Pérez-Granados AM, Arroyo-Pardo E, Vaquero MP. Influence of diet, menstruation and genetic factors on iron status: a cross-sectional study in Spanish women of childbearing age. *Int J Mol Sci*. 2014; 15(3):4077-87.
135. Galan P, Yoon HC, Preziosi P, Viteri F, Valeix P, Fieux B, Briançon S, Malvy D, Roussel AM, Favier A, Hercberg S. Determining factors in the iron status of adult women in the SU.VI.MAX study. *Eur J Clin Nutr*. 1998; 52(6):383-8.
136. Leggett BA, Brown NN, Bryant SJ, Duplock L, Powell LW, Halliday JW. Factors affecting the concentrations of ferritin in serum in a healthy Australian population. *Clin Chem*. 1990; 36(7):1350-5.

137. Worthington-Roberts BS, Breskin MW, Monsen ER. Iron status of premenopausal women in a university community and its relationship to habitual dietary sources of protein. *Am J Clin Nutr.* 1988; 47(2):275-9.
138. Wolmarans P, Dhansay MA, Mansvelt EP, Laubscher JA, Benadé AJ. Iron status of South African women working in a fruit-packing factory. *Public Health Nutr.* 2003; 6(5):439-45.
139. Rigas AS, Sorensen CJ, Pedersen OB, Petersen MS, Thorner LW, Kotze S, Sorensen E, Magnussen K, Rostgaard K, Erikstrup C, Ullum H. Predictors of iron levels in 14,737 Danish blood donors: results from the Danish Blood Donor Study. *Transfusion* 2014, 54(3 Pt2):789-96.
140. Ramakrishnan U, Frith-Terhune A, Cogswell M, Kettel Khan L. Dietary intake does not account for differences in low iron stores among Mexican American and Non-Hispanic white women: third national health and nutrition examination survey, 1988-1994. *J Nutr.* 2002; 132(5):996-1001.
141. Houston MS, Summers SL, Soltesz KS. Lifestyle and dietary practices influencing iron status in university women. *Nutr Res.* 1997; 17(1):9-22.
142. Ball MJ, Bartlett MA. Dietary intake and iron status of Australian vegetarian women. *Am J Clin Nutr.* 1999; 70(3):353-8.
143. Reddy S, Sanders TAB. Haematological studies on pre-menopausal Indian and Caucasian vegetarians compared with Caucasian omnivores. *Br J Nutr.* 1990; 64(2):331-8.
144. Alexander D, Ball MJ, Mann J. Nutrient intake and haematological status of vegetarians and age-sex matched omnivores. *Eur J Clin Nutr.* 1994; 48(8):538-46.
145. Hunt JR. Moving toward a plant-based diet: are iron and zinc at risk? *Nutr Rev.* 2002; 60(5 Pt1):127-34.
146. Dror DK, Allen LH. The importance of milk and other animal-source foods for children in low-income countries. *Food Nutr Bull.* 2011; 32(3):227-43.
147. Allen LH. The nutrition CRSP: what is marginal malnutrition, and does it affect human function? *Nutr Rev.* 1993; 51(9):255-67.
148. Grillenberger M, Neumann CG, Murphy SP, Bwibo NO, Weiss RE, Jiang L, Hautvast JG, West CE. Intake of micronutrients high in animal-source foods is associated with better growth in rural Kenyan school children. *Br J Nutr.* 2006; 95(2):379-90.
149. Grillenberger M, Neumann CG, Murphy SP, Bwibo NO, van't Veer P, Hautvast JG, West CE. Food supplements have a positive impact on weight gain and the

addition of animal source foods increases lean body mass of Kenyan schoolchildren. *J Nutr.* 2003; 133(11 Suppl2):3957S-64S.

150. McLean ED, Allen LH, Neumann CG, Peerson JM, Siekmann JH, Murphy SP, Bwibo NO, Demment MW. Low plasma vitamin B-12 in Kenyan school children is highly prevalent and improved by supplemental animal source foods. *J Nutr.* 2007; 137(3):676-82.
151. Fledderjohann J, Vellakkal S, Khan Z, Ebrahim S, Stuckler D. Quantifying the impact of rising food prices on child mortality in India: a cross-district statistical analysis of the District Level Household Survey. *Int J Epidemiol.* 2016; 45(2):554-64.
152. Pelletier DL, Frongillo EA. Changes in child survival are strongly associated with changes in malnutrition in developing countries. *J Nutr.* 2003; 133(1):107-19.
153. Black RE, Allen LH, Bhutta ZA, Caulfield LE, de Onis M, Ezzati M, Mathers C, Rivera J, Maternal and Child Undernutrition Study Group. Maternal and child undernutrition: global and regional exposures and health consequences. *Lancet.* 2008; 371(9608):243-60.
154. Rutstein SO. Factors associated with trends in infant and child mortality in developing countries during the 1990s. *Bull World Health Organ.* 2000; 78(10):1256-70.
155. Ruel M. Milk intake is associated with better growth in Latin America: evidence from the Demographic and Health Surveys. *FASEB J.* 2003; 17(4):A729.
156. Malcolm LA. Growth retardation in a New Guinea boarding school and its response to supplementary feeding. *Br J Nutr.* 1970; 24(1):297-305.
157. Neumann CG, Bwibo NO, Murphy SP, Sigman M, Whaley S, Allen LH, Guthrie D, Weiss RE, Demment MW. Animal source foods improve dietary quality, micronutrient status, growth and cognitive function in Kenyan school children: background, study design and baseline findings. *J Nutr.* 2003; 133(11 Suppl 2):3941S-49S.
158. Wu G, Bazer FW, Cross HR. Land-based production of animal protein: impacts, efficiency, and sustainability. *Ann NY Acad Sci.* 2014; 1328(1):18-28.
159. Bonjour JP. Protein intake and bone health. *Int J Vitam Nutr Res.* 2011; 81(2-3):134-42.
160. Sahni S, Broe KE, Tucker KL, McLean RR, Kiel DP, Cupples LA, Hannan MT. Association of total protein intake with bone mineral density and bone loss in men and women from the Framingham Offspring Study. *Public Health Nutr.* 2014; 17(11):2570-6.

161. Heaney RP, Layman DK. Amount and type of protein influences bone health. *Am J Clin Nutr.* 2008; 87(5):1567S-1570S.
162. Bonjour JP. Dietary protein: an essential nutrient for bone health. *J Am Coll Nutr.* 2005; 24(6 Suppl):526S-36S.
163. Pitt A, Bendavid E. Effect of meat price on race and gender disparities in obesity, mortality and quality of life in the US: a model-based analysis. *PLoS ONE.* 2017; 12(1):e0168710.
164. Farchi S, De Sario M, Lapucci E, Davoli M, Michelozzi P. Meat consumption reduction in Italian regions: health co-benefits and decreases in GHG emissions. *PLoS ONE.* 2017; 12(8):e0182960.
165. Li K, Hüsing A, Kaaks R. Lifestyle risk factors and residual life expectancy at age 40: a German cohort study. *BMC Med.* 2014; 12:59.
166. Larsson SC, Orsini N. Red meat and processed meat consumption and all-cause mortality: a meta-analysis. *Am J Epidemiol.* 2014; 179(3):282-9.
167. Allen L. Non-communicable disease funding. *Lancet Diabetes Endocrinol.* 2017; 5(2):92.
168. Heidari-Beni M. Early life nutrition and non communicable disease. *Adv Exp Med Biol.* 2019; 1121:33-40.
169. Zeraatkar D, Johnston BC, Bartoszko J, Cheung K, Bala MM, Valli C, Rabassa M, Sit D, Milio K, Sadeghirad B, Agarwal A, Zea AM, Lee Y, Han MA, Vernooij RWM, Alonso-Coello P, Guyatt GH, El Dib R. Effect of lower versus higher red meat intake on cardiometabolic and cancer outcomes: a systematic review of randomized trials. *Ann Intern Med.* 2019; 171(10):721-31.
170. Bernstein AM, Song M, Zhang X, Pan A, Wang M, Fuchs CS, Le N, Chan AT, Willett WC, Ogino S, Giovannucci EL, Wu K. Processed and unprocessed red meat and risk of colorectal cancer: analysis by tumor location and modification by time. *PLoS ONE.* 2015; 10(8):e0135959.
171. Ollberding NJ, Wilkens LR, Henderson BE, Kolonel LN, Le Marchand L. Meat consumption, heterocyclic amines and colorectal cancer risk: the Multiethnic Cohort Study. *Int J Cancer.* 2012;131(7):E1125-33.
172. Prentice RL1, Thomson CA, Caan B, Hubbell FA, Anderson GL, Beresford SA, Pettinger M, Lane DS, Lessin L, Yasmeen S, Singh B, Khandekar J, Shikany JM, Satterfield S, Chlebowski RT. Low-fat dietary pattern and cancer incidence in the Women's Health Initiative Dietary Modification Randomized Controlled Trial. *J Natl Cancer Inst.* 2007; 99(20):1534-43.

173. Schatzkin A, Lanza E, Corle D, Lance P, Iber F, Caan B, Shike M, Weissfeld J, Burt R, Cooper MR, Kikendall JW, Cahill J. Lack of effect of a low-fat, high-fiber diet on the recurrence of colorectal adenomas. *N Engl J Med*. 2000; 342(16):1149-55.
174. Aune D, Ursin G, Veierød MB. Meat consumption and the risk of type 2 diabetes: a systematic review and meta-analysis of cohort studies. *Diabetologia*. 2009; 52(11):2277-87.
175. Micha R, Michas G, Lajous M, Mozaffarian D. Processing of meats and cardiovascular risk: time to focus on preservatives. *BMC Med*. 2013; 11:136.
176. Zhao Z, Li S, Liu G, Yan F, Ma X, Huang Z, Tian H. Body iron stores and hemeiron intake in relation to risk of type 2 diabetes: a systematic review and meta-analysis. *PLoS ONE*. 2012; 7(7):e41641.
177. InterAct Consortium. Association between dietary meat consumption and incident type 2 diabetes: the EPIC-InterAct study. *Diabetologia*. 2013; 56(1):47-59.
178. Aune D, Chan DS, Vieira AR, Navarro Rosenblatt DA, Vieira R, Greenwood DC, Kampman E, Norat T. Red and processed meat intake and risk of colorectal adenomas: a systematic review and meta-analysis of epidemiological studies. *Cancer Causes Control*. 2013; 24(4):611-27.
179. Schwingshackl L, Schwedhelm C, Hoffmann G, Lampousi AM, Knüppel S, Iqbal K, Bechthold A, Schlesinger S, Boeing H. Foodgroups and risk of all-cause mortality: a systematic review and meta-analysis of prospective studies. *Am J Clin Nutr*. 2017; 105(6):1462-73.
180. Wang X, Lin X, Ouyang YY, Liu J, Zhao G, Pan A, Hu FB. Red and processed meat consumption and mortality: dose-response meta-analysis of prospective cohort studies. *Public Health Nutr*. 2016; 19(5):893-905.
181. Abete I, Romaguera D, Vieira AR, Lopez de Munain A, Norat T. Association between total, processed, red and white meat consumption and all-cause, CVD and IHD mortality: a meta-analysis of cohort studies. *Br J Nutr*. 2014; 112(5):762-75.
182. Chen GC, Lv DB, Pang Z, Liu QF. Red and processed meat consumption and risk of stroke: a meta-analysis of prospective cohort studies. *Eur J Clin Nutr*. 2013; 67(1):91-5.
183. Micha R, Wallace SK, Mozaffarian D. Red and processed meat consumption and risk of incident coronary heart disease, stroke, and diabetes mellitus: a systematic review and meta-analysis. *Circulation*. 2010;121(21):2271-83.

184. McAfee AJ, McSorley EM, Cuskelly GJ, Moss BW, Wallace JM, Bonham MP, Fearon AM. Red meat consumption: an overview of the risks and benefits. *Meat Sci.* 2010; 84(1):1-13.
185. Vernooij RWM, Zeraatkar D, Han MA, El Dib R, Zworth M, Milio K, Sit D, Lee Y, Goma H, Valli C, Swierz MJ, Chang Y, Hanna SE, Brauer PM, Sievenpiper J, de Souza R, Alonso-Coello P, Bala MM, Guyatt GH, Johnston BC. Patterns of red and processed meat consumption and risk for cardiometabolic and cancer outcomes. A systematic review and meta-analysis of cohort studies. *Ann Intern Med.* 2019; 171(10):732-741.
186. Han MA, Zeraatkar D, Guyatt GH, Vernooij RWM, El Dib R, Zhang Y, Algarni A, Leung G, Storman D, Valli C, Rabassa M, Rehman N, Parvizian MK, Zworth M, Bartoszko JJ, Lopes LC, Sit D, Bala MM, Alonso-Coello P, Johnston BC. Reduction of red and processed meat intake and cancer mortality and incidence. A systematic review and meta-analysis of cohort studies. *Ann Intern Med.* 2019; 171(10):711-720.
187. Zeraatkar D, Han MA, Guyatt GH, Vernooij RWM, El Dib R, Cheung K, Milio K, Zworth M, Bartoszko JJ, Valli C, Rabassa M, Lee Y, Zajac J, Prokop-Dorner A, Lo C, Bala MM, Alonso-Coello P, Hanna SE, Johnston BC. Red and processed meat consumption and risk for all-cause mortality and cardiometabolic outcomes. A systematic review and meta-analysis of cohort studies. *Ann Intern Med.* 2019; 171(10):703-710.
188. Castro MA, Baltar VT, Marchioni DM, Fisberg RM. Examining associations between dietary patterns and metabolic CVD risk factors: a novel use of structural equation modelling. *Br J Nutr.* 2016; 115:1586-1597.
189. Pan A, Sun Q, Bernstein AM, Schulze MB, Manson JE, Stampfer MJ, Willett WC, Hu FB. Red meat consumption and mortality: results from 2 prospective cohort studies. *Arch Intern Med.* 2012; 172(7):555-63.
190. Sinha R, Cross AJ, Graubard BI, Leitzmann MF, Schatzkin A. Meat intake and mortality: a prospective study of over half a million people. *Arch Intern Med.* 2009; 169(6):562-71.
191. Rohrmann S, Overvad K, Bueno-de-Mesquita HB, Jakobsen MU, Egeberg R, Tjønneland A, Nailler L, Boutron-Ruault MC, Clavel-Chapelon F, Krogh V, Palli D, Panico S, Tumino R, Ricceri F, Bergmann MM, Boeing H, Li K, Kaaks R, Khaw KT, Wareham NJ, Crowe FL, Key TJ, Naska A, Trichopoulou A, Trichopoulos D, Leenders M, Peeters PH, Engeset D, Parr CL, Skeie G, Jakszyn P, Sánchez MJ, Huerta JM, Redondo ML, Barricarte A, Amiano P, Drake I, Sonestedt E, Hallmans G, Johansson I, Fedirko V, Romieux I, Ferrari P, Norat T, Vergnaud AC, Riboli E, Linseisen J. Meat consumption and mortality - results from the

- European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition. *BMC Med.* 2013; 11:63.
192. Takata Y, Shu XO, Gao YT, Li H, Zhang X, Gao J, Cai H, Yang G, Xiang YB, Zheng W. Red meat and poultry intakes and risk of total and cause-specific mortality: results from cohort studies of Chinese adults in Shanghai. *PLoS ONE.* 2013; 8(2):e56963.
 193. Nagao M, Iso H, Yamagishi K, Date C, Tamakoshi A. Meat consumption in relation to mortality from cardiovascular disease among Japanese men and women. *Eur J Clin Nutr.* 2012; 66(6):687-93.
 194. Kappeler R, Eichholzer M, Rohrmann S. Meat consumption and diet quality and mortality in NHANES III. *Eur J Clin Nutr.* 2013; 67(6):598-606.
 195. Lee JE, McLerran DF, Rolland B, Chen Y, Grant EJ, Vedanthan R, Inoue M, Tsugane S, Gao YT, Tsuji I, Kakizaki M, Ahsan H, Ahn YO, Pan WH, Ozasa K, Yoo KY, Sasazuki S, Yang G, Watanabe T, Sugawara Y, Parvez F, Kim DH, Chuang SY, Ohishi W, Park SK, Feng Z, Thornquist M, Boffetta P, Zheng W, Kang D, Potter J, Sinha R. Meat intake and cause-specific mortality: a pooled analysis of Asian prospective cohort studies. *Am J Clin Nutr.* 2013; 98(4):1032-41.

ANEXO

Anexo 1. Países participantes da matriz de exportações de carnes vermelhas. 1986-2016.

País	Sigla	País	Sigla
Afghanistan	AFG	Cook Islands	COK
Albania	ALB	Costa Rica	CRI
Algeria	DZA	Cote d'Ivoire	CIV
American Samoa	WSM	Croatia	HRV
Andorra	AND	Cuba	CUB
Angola	AGO	Cyprus	CYP
Anguilla	ANG	Czechia	CZE
Antarctica	ANT	Czechoslovakia	CZK
Antigua and Barbuda	ATG	Democratic People's Republic of Korea	PRK
Argentina	ARG	Denmark	DNK
Armenia	ARM	Djibouti	DJI
Aruba	ARU	Dominica	DMA
Australia	AUS	Dominican Republic	DOM
Austria	AUT	Ecuador	ECU
Azerbaijan	AZE	Egypt	EGY
Bahamas	BHS	El Salvador	SLV
Bahrain	BHR	Equatorial Guinea	GNQ
Bangladesh	BGD	Eritrea	ERI
Barbados	BRB	Estonia	EST
Belarus	BLR	Eswatini	SWZ
Belgium	BEL	Ethiopia	ETH
Belgium-Luxembourg	BLX	Ethiopia PDR	ETH
Belize	BLZ	Falkland Islands (Malvinas)	FKL
Benin	BEN	Faroe Islands	FRO
Bermuda	BMU	Fiji	FJI
Bhutan	BTN	Finland	FIN
Bolivia	BOL	France	FRA
Bosnia and Herzegovina	BIH	French Guiana	FRG
Botswana	BWA	French Polynesia	PYF
Bouvet Island	BOU	Gabon	GAB
Brazil	BRA	Gambia	GMB
British Indian Ocean Territory	BIO	Georgia	GEO
British Virgin Islands	BVI	Germany	DEU
Brunei Darussalam	BRN	Ghana	GHA
Bulgaria	BGR	Gibraltar	GIB
Burkina Faso	BFA	Greece	GRC
Burundi	BDI	Greenland	GRE
Cabo Verde	CPV	Grenada	GRD
Cambodia	KHM	Guadeloupe	GUA
Cameroon	CMR	Guam	GUM
Canada	CAN	Guatemala	GTM
Cayman Islands	CAY	Guinea	GIN
Central African Republic	CAF	Guinea-Bissau	GNB
Chad	TCD	Guyana	GUY
Chile	CHL	Haiti	HTI
China	CHN	Holy See	VAT
China, Hong Kong SAR	HKG	Honduras	HND
China, Taiwan Province of	TWC	Hungary	HUN
Christmas Island	CHR	Iceland	ISL
Cocos (Keeling) Islands	COC	India	IND
Colombia	COL	Indonesia	IDN
Comoros	COM	Iran (Islamic Republic of)	IRN
Congo, Dem. Rep.	COD	Iraq	IRQ
Congo, Rep.	COG	Ireland	IRL

(continua)

(continua)

(continuação)

País	Sigla
Israel	ISR
Italy	ITA
Ivory Coast	CIV
Jamaica	JAM
Japan	JPN
Jordan	JOR
Kazakhstan	KAZ
Kenya	KEN
Kiribati	KIR
Kuwait	KWT
Kyrgyzstan	KGZ
Lao People's Democratic Republic	LAO
Latvia	LVA
Lebanon	LBN
Lesotho	LSO
Liberia	LBR
Libya	LBY
Liechtenstein	LIE
Lithuania	LTU
Luxembourg	LUX
Macao SAR, China	MAC
Macedonia, FYR	MKD
Madagascar	MDG
Malawi	MWI
Malaysia	MYS
Maldives	MDV
Mali	MLI
Malta	MLT
Marshall Islands	MHL
Martinique	MTN
Mauritania	MRT
Mauritius	MUS
Mayotte	MAY
Mexico	MEX
Micronesia (Federated States of)	FSM
Moldova	MDA
Monaco	MCO
Mongolia	MNG
Montenegro	MNE
Montserrat	MTS
Morocco	MAR
Mozambique	MOZ
Myanmar	MMR
Namibia	NAM
Nauru	NRU
Nepal	NPL
Netherlands	NLD
Netherlands Antilles (former)	ABW
New Caledonia	NCL
New Zealand	NZL
Nicaragua	NIC
Niger	NER
Nigeria	NGA
Niue	NIU
Norfolk Island	NOF
Northern Mariana Islands	MRN
Norway	NOR
Occupied Palestinian Territory	PAL

(continua)

(continuação)

País	Sigla
Oman	OMN
Pacific Islands Trust Territory	PAC
Pakistan	PAK
Palau	PLW
Panama	PAN
Papua New Guinea	PNG
Paraguay	PRY
Peru	PER
Philippines	PHL
Pitcairn Islands	PIT
Poland	POL
Portugal	PRT
Puerto Rico	PRI
Qatar	QAT
Réunion	MUS
Republic of Korea	KOR
Romania	ROU
Russian Federation	RUS
Rwanda	RWA
Saint Helena	STH
Saint Kitts and Nevis	KNA
Saint Lucia	LCA
Saint Pierre and Miquelon	SPM
Saint Vincent and the Grenadines	VCT
Samoa	WSM
San Marino	SMR
Sao Tome and Principe	STP
Saudi Arabia	SAU
Senegal	SEN
Serbia	SRB
Seychelles	SYC
Sierra Leone	SLE
Singapore	SGP
Slovak Republic	SVK
Slovenia	SVN
Solomon Islands	SLB
Somalia	SOM
South Africa	ZAF
South Sudan	SSD
Spain	ESP
Sri Lanka	LKA
St. Kitts and Nevis	KNA
St. Lucia	LCA
St. Vincent and the Grenadines	VCT
Sudan (former)	SDN
Suriname	SUR
Sweden	SWE
Switzerland	CHE
Syrian Arab Republic	SYR
Tajikistan	TJK
Thailand	THA
Timor-Leste	TLS
Togo	TGO
Tokelau	TKL
Tonga	TON
Trinidad and Tobago	TTO
Tunisia	TUN
Turkey	TUR

(continua)

(continuação)		(continuação)	
País	Sigla	País	Sigla
Turkmenistan	TKM	USSR	USS
Turks and Caicos Islands	TKS	Uzbekistan	UZB
Tuvalu	TUV	Vanuatu	VUT
Uganda	UGA	Venezuela (Bolivarian Republic of)	VEN
Ukraine	UKR	Viet Nam	VNM
United Arab Emirates	ARE	Wallis and Futuna Islands	WFI
United Kingdom	GBR	Western Sahara	WSA
United Republic of Tanzania	TZA	Yemen	YEM
United States of America	USA	Yugoslav SFR	YUG
United States Virgin Islands	USV	Zambia	ZMB
Uruguay	URY	Zimbabwe	ZWE

Fonte: Adaptado de *Detailed Trade Matrix - Food and Agriculture Organization (Food and Agriculture Organization Database, FAOSTAT)* e *World Bank (WB)*.