

ÉRIK JANUÁRIO DA SILVA

**IMPACTOS DA PRODUÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA DE MONOGÁSTRICOS
NO USO DE RECURSOS NATURAIS**

**Botucatu
2021**

ÉRIK JANUÁRIO DA SILVA

**IMPACTOS DA PRODUÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA DE MONOGÁSTRICOS
NO USO DE RECURSOS NATURAIS**

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrônômicas da Unesp Câmpus de Botucatu, para obtenção do título de Doutor em Agronomia (Energia na Agricultura).

Orientador(a): Prof.Dra. Maura Seiko Tsutsui Esperancini

Botucatu

2021

S586i Silva, Érik Januário da
Impactos da produção brasileira de proteína de
monogástricos no uso de recursos naturais / Érik Januário da
Silva. -- Botucatu, 2021
90 p. : il., tabs.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp),
Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu
Orientadora: Maura Seiko Tsutsui Esperancini

1. Agronomia. 2. Segurança Alimentar. 3. Produção animal.
I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da
Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Botucatu



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: IMPACTOS DA PRODUÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA DE MONOGÁSTRICOS NO USO DE RECURSOS NATURAIS

AUTOR: ÉRIK JANUÁRIO DA SILVA

ORIENTADORA: MAURA SEIKO TSUTSUI ESPERANCINI

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em AGRONOMIA (ENERGIA NA AGRICULTURA), pela Comissão Examinadora:

Prof.ª Dr.ª MAURA SEIKO TSUTSUI ESPERANCINI (Participação Virtual)
Engenharia Rural e Socioeconomia / Faculdade de Ciências Agrômicas de Botucatu UNESP

p/Prof. Dr. LUIZ CESAR RIBAS (Participação Virtual)
Engenharia Rural e Socioeconomia / Faculdade de Ciências Agrômicas de Botucatu – UNESP

p/Prof. Dr. PAULO ANDRÉ DE OLIVEIRA (Participação Virtual)
Agronegócio / Faculdade de Tecnologia de Botucatu

p/Prof. Dr. PAULO FERNANDO ADAMI (Participação Virtual)
. / Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR

p/Prof. Dr. PAULO FERNANDO DO NASCIMENTO AFONSO (Participação Virtual)
. / Faculdades Integradas de Jahu - FIJ

Botucatu, 17 de dezembro de 2021

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus porque somente com ele tudo pode ser realizado e alcançado.

A minha esposa Jacqueline Peixoto Neves pelo amor, carinho, compreensão e dedicação para que eu pudesse realizar este trabalho. Aos meus filhos Allan e Elena agradeço a todo amor e carinho que me dedicaram, principalmente nos momentos mais difíceis.

A minha família, minha mãe, minhas irmãs pelo apoio em todos os momentos da realização deste trabalho. Ao meu pai, onde quer que você esteja eu sei que está torcendo para mim.

Um agradecimento especial a minha sogra Maria Zenaide pela dedicação com meus filhos nos meus momentos de maior trabalho, muito obrigado.

A Prof. Dra. Maura Seiko Tsutsui Esperancini pela orientação na realização deste trabalho e principalmente pela compreensão pela pouca disponibilidade de contato direto que tivemos nesse período. A você professora o meu muito obrigado.

À Faculdade de Ciências Agronômicas (FCA – UNESP), campus de Botucatu, e à Coordenadoria do Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Energia na Agricultura, pela oportunidade.

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

RESUMO

As produções de frangos, suínos e ovos de galinha estão entre as atividades agropecuárias mais importantes para agropecuária brasileira, por serem responsáveis pela produção das mais importantes fontes de proteína animal consumidas no país e a relevante participação na balança comercial. Apesar do crescimento da produção nos últimos anos, não há um consenso entre os autores quanto aos impactos do consumo de recursos naturais na execução destas atividades. Além disso, os métodos disponíveis para mensuração deste consumo apresentam importantes limitações que dificultam sua aplicação na realidade brasileira. O objetivo desta pesquisa foi avaliar a aplicabilidade da metodologia de conversão em cereal equivalente na mensuração do consumo de recursos naturais nas produções de frangos, suínos e ovos de galinha no Brasil. Os recursos naturais avaliados foram o consumo de macronutrientes N, P e K, o uso de área agricultável e o consumo de água. Os resultados mostram que mesmo com o aumento do consumo de milho e de macronutrientes entre 1987 e 2017, o consumo de N, P e K por tonelada de produto final reduziu a partir do ano 2000, de 78,2, 32,9 e 55,9 kg para 37,6, 11,9 e 24,1 kg em 2017. O uso de área agricultável reduziu nas produções de suínos e ovos de galinha, de 6,0 para 3,7 e de 1,3 para 1,1 milhões de hectares respectivamente, e aumentou para a produção de frangos de 1,1 para 1,5 milhões de hectares entre 1987 e 2017. Mesmo com o aumento do uso de área para a produção de frangos, o uso de área agricultável por kg de produto animal produzido reduziu, de 12,42, 27,61 e 10,53 kg em 1987 para 4,39, 9,75 e 3,72 kg em 2017 para frangos, suínos e ovos de galinha respectivamente. O consumo de água aumentou entre 1987 e 2017 para todos os produtos, contudo a principal fonte de água utilizada na produção do milho consumido pelos animais é a água da chuva, com 92,83% e a água captada por irrigação respondendo por apenas 1% do total consumido. Os resultados mostram um cenário positivo quanto ao consumo e disponibilidade dos recursos naturais avaliados. Pelos resultados conclui-se que a metodologia de conversão em cereal equivalente é aplicável na avaliação do consumo de recursos naturais na produção de frangos, suínos e ovos de galinha no Brasil.

Palavras-chave: consumo; cereal equivalente; recursos naturais; produção animal

ABSTRACT

The production of chickens, swine and chicken eggs are among the most important agricultural activities for Brazilian agriculture, as they are responsible for the production of the most important sources of animal protein consumed in the country and the relevant participation in the trade balance. Despite the growth in production in recent years, there is no consensus among authors regarding the impacts of the consumption of natural resources in the execution of these activities. In addition, the methods available to measure this consumption have important limitations that make their application in the Brazilian reality difficult. The objective of this research was to evaluate the applicability of the conversion methodology in cereal equivalent in the measurement of the consumption of natural resources in the production of chickens, swine and chicken eggs in Brazil. The natural resources evaluated were the consumption of macronutrients N, P and K, the use of arable land and the consumption of water. The results show that even with the increase in corn and macronutrient consumption between 1987 and 2017, the consumption of N, P and K per ton of final product decreased from 2000 onwards, from 78.2, 32.9 and 55.9 kg to 37.6, 11.9 and 24.1 kg in 2017. The use of arable land reduced the production of swine and chicken eggs, from 6.0 to 3.7 and from 1.3 to 1.1 million hectares respectively, and increased for chicken production from 1.1 to 1.5 million hectares between 1987 and 2017. Even with the increase in area use for chicken production, the use of arable area per kg of animal product produced reduced from 12.42, 27.61 and 10.53 kg in 1987 to 4.39, 9.75 and 3.72 kg in 2017 for chickens, swine and chicken eggs respectively. Water consumption increased between 1987 and 2017 for all products, however the main source of water used in the production of corn consumed by animals is rainwater, with 92.83% and water collected by irrigation accounting for only 1% of the total consumed. The results show a positive scenario regarding the consumption and availability of the evaluated natural resources. From the results, it is concluded that the methodology of conversion into equivalent cereal is applicable in the evaluation of the consumption of natural resources in the production of chickens, swine and chicken eggs in Brazil.

Keywords: consumption; cereal equivalent; natural resources; animal production

LISTA DA FIGURAS

Figura 1 -	Conversão em cereal equivalente (CE) da produção de frangos, suínos e ovos de galinha.....	42
Figura 2 -	Consumo anual de milho em toneladas.....	43
Figura 3 -	Equação do consumo de milho para suínos, ovos de galinha e frangos.....	44
Figura 4 -	Consumo de N, P e K para cada produto de origem animal.....	45
Figura 5 -	Consumo de N, P e K por tonelada de produto de origem animal.....	46
Figura 6 -	Consumo de N, P e K para frangos, suínos e ovos de galinha....	47
Figura 7 -	Uso de área agricultável em há.....	48
Figura 8 -	Equação do uso de área agricultável para suínos e ovos de galinha.....	49
Figura 9 -	Equação do uso de área agricultável da produção de frangos....	49
Figura 10 -	Consumo de água para a produção de ovos de galinha, frangos e suínos.....	53
Figura 11 -	Equação do consumo de água.....	54

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Produção brasileira de frangos, suínos e ovos de galinha em ton . ano ⁻¹	31
Tabela 2 -	Fatores de conversão dos produtos de origem animal em cereal equivalente.....	32
Tabela 3 -	Fator de conversão de cereal equivalente em diferentes alimentos.....	34
Tabela 4 -	Consumo anual de macronutrientes N, P e K na produção de milho em ton . ano ⁻¹	36
Tabela 5 -	Produtividade do milho brasileiro em ton . ha ⁻¹ . ano ⁻¹	38
Tabela 6 -	Uso de área agricultável por unidade de produto em m ² . kg ⁻¹	51
Tabela 7 -	Pegadas hídricas verde, azul e cinza anuais em km ³	56

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	17
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	21
2.1	A produção brasileira de frangos, suínos e ovos de galinha.....	21
2.2	Consumo de recursos naturais na produção animal.....	23
2.3	Avaliação do consumo de recursos naturais na produção animal.....	25
3	MATERIAIS E MÉTODOS.....	29
3.1	Levantamento de informações.....	29
3.2	Metodologia de conversão dos valores da produção animal em cereal equivalente (CE).....	30
3.3	Metodologia para avaliação do consumo dos macronutrientes nitrogênio, fósforo e potássio.....	34
3.4	Metodologia de avaliação do uso de área agricultável.....	37
3.5	Metodologia de avaliação do consumo de água.....	39
3.6	Avaliação e apresentação dos resultados.....	41
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	42
4.1	Resultados da conversão em cereal equivalente e do consumo de milho.....	42
4.2	Consumo nitrogênio, fósforo e potássio (NPK).....	44
4.3	Avaliação do uso de área agricultável.....	48
4.4	Avaliação do consumo de água.....	52
5	CONCLUSÕES.....	58
	REFERÊNCIAS.....	61
	ANEXOS.....	67

1 INTRODUÇÃO

A suinocultura e a avicultura de corte e de postura são de grande importância para o agronegócio brasileiro, pois representam importantes fontes de fornecimento de proteína animal, com um consumo anual per capita de 45,27 kg de carne de frangos, 16 kg de carne de suínos e 251 ovos no ano de 2020 (EMBRAPA, 2021).

O Brasil é um dos maiores produtores e exportadores mundiais destes produtos, sendo que no ano de 2020 foi o terceiro maior produtor de frangos, com 13.245 mil toneladas, atrás de Estados Unidos com 19.941 e China com 13.750, o quarto maior produtor de suínos com 3.983 mil toneladas, atrás da China com 42.550, da União Europeia com 23.935 e dos Estados Unidos com 12.542 e o sexto maior produtor de ovos de galinha com 53,5 bilhões de ovos (ABPA, 2020).

A participação do Brasil no mercado destes produtos tende a aumentar em um futuro próximo, de acordo com FIESP (2021), que projeta o crescimento da produção de frangos em 26,6%, de suínos em 28,2% e de ovos de galinha em 37,7% até o ano de 2029. Além disso, o órgão estima que em 2029 o consumo interno destes produtos será de 1,81 milhões de toneladas de carne de frango, 736 mil toneladas de carne suína e 17,3 milhões de ovos de galinha.

Com o crescimento da produção de proteínas animais, alguns autores estimam que haverá uma crescente demanda mundial de recursos naturais, principalmente de área agricultável para a produção de milho e soja para a produção de ração e de água, consumida diretamente pelos animais e na limpeza das instalações (CHERUBINI et al., 2015; SCHNEIDER; CARRA, 2016; LIMA et al., 2019; MARTINELLI et al., 2020). Lukas et al., (2016) afirmam que a produção destes animais vem evoluindo a cada ano com o constante melhoramento genético das espécies e das instalações produtivas, melhorando a conversão alimentar dos animais, reduzindo a quantidade de alimentos consumida e consequentemente do uso de recursos naturais.

Apesar das diferenças de visões entre os autores, alguns destes estudos são qualitativos e a avaliação dos resultados feita a partir da visão pessoal do autor do trabalho, o que gera resultados subjetivos em comparação com pesquisas

quantitativas (PROETTI, 2017). Mas a disponibilidade de trabalhos que avaliaram quantitativamente o consumo de recursos naturais nestas atividades ainda é pequena, podendo ser citados os estudos de Carra et al., (2020), Dick et al., (2015), Schipanski e Bennett (2012) e Palhares (2011, 2014).

Gobling-Reisemann (2008) afirma que há uma gama de métodos quantitativos para avaliação do consumo de recursos naturais em atividades produtivas, mas que todas as metodologias possuem limitações que devem ser consideradas antes da sua utilização. Na avaliação do consumo de recursos naturais na produção de frangos, suínos e ovos de galinha, a avaliação do ciclo de vida do produto e a mensuração das pegadas ecológicas são os métodos comumente encontrados na literatura. Trabalhos como de Silva et al., (2014), Monteiro e Pozza (2017), Pacheco et al., (2018), Ritchie e Roser (2019), Misra et al., (2020), Singh et al., (2021) e Guzmán-luna et al., (2021), avaliaram o consumo de recursos naturais em todas as etapas da produção através da aplicação dos métodos de ciclo de vida do produto e de pegadas ecológicas.

Alguns autores consideram que há importantes limitações para a aplicabilidade destas metodologias na realidade brasileira como a baixa disponibilidade de informações confiáveis referentes às características dos produtos, às matérias-primas que deram origem a este produto, ao consumo de combustível em todas as etapas da produção (SEO; KULAY, 2006; PASSUELLO et al., 2014; LOPES et al., 2016), à falta de mão-de-obra especializada para aplicar a metodologia e analisar os resultados com eficácia (DEMETINO; MACENO, 2017), à subjetividade em alguns critérios que ficam a cargo da análise pessoal do avaliador do sistema (MEDEIROS et al., 2018) e a falta de critérios e parâmetros confiáveis de comparação entre resultados obtidos em diferentes propriedades (SILVA; LEISMANN, 2016).

Outro fator que dificulta a avaliação do consumo de recursos naturais na produção animal é a necessidade de se considerar, além do consumo direto na criação dos animais, o consumo dos recursos naturais utilizados na produção dos alimentos que compõem a ração consumida pelos animais, aumentando consideravelmente o número de etapas do processo produtivo a serem avaliadas (RASK; RASK, 2014).

Uma opção metodológica para a avaliação do consumo de recursos naturais baseada na quantidade de alimentos consumida pelos animais durante a sua criação é o método de conversão em cereal equivalente (CE). (RASK; RASK, 2014). Alguns autores utilizaram este método para determinar o consumo de diferentes recursos naturais na produção de produtos de origem animal devido ao menor volume de informações necessário para sua aplicação.

Geberns-leenes e Nonhebel (2002) avaliaram o uso de área agricultável para atender ao consumo de alimentos na Europa, convertendo diferentes fontes alimentares em cereal equivalente. Os autores concluíram que a maior demanda de área agricultável era destinada a produção de café, óleos vegetais e proteínas animais, sendo o uso de área para a produção de 1 kg carne de frangos foi de 7,3 m²; para carne suína foi de 8,9 m² e para ovos de galinha foi de 3,5 m².

Zhen et al., (2010) avaliaram o uso de área agricultável no distrito de Guyuan na China para a produção e consumo de diferentes produtos de origem animal e vegetal através da conversão dos valores da produção e do consumo destes produtos em cereal equivalente. Os autores verificaram que o maior uso de área agricultável na região foi para a produção de óleos vegetais, com 31,6 m² . kg⁻¹, seguido da carne bovina e de carneiros com 16,7 e 15,7 m² . kg⁻¹ e de erva para chá com 14,3 m² . kg⁻¹. O uso de área para a produção de suínos, frangos e ovos de galinha foi de 3,4, 4,0 e 1,7 m² . kg⁻¹ respectivamente.

Marsily e Abarca-del-Rio (2016) projetaram o crescimento do consumo mundial de alimentos até o ano de 2100 para avaliar se haveria disponibilidade de recursos naturais para atender a esta demanda. Os autores concluíram que a disponibilidade de água para a produção de alimentos não seria um fator limitante para o crescimento da produção mundial, pois a maior parte da água utilizada é proveniente das chuvas, ao contrário do uso de área agricultável, uma vez que a distribuição de área para o cultivo de produtos vegetais não é uniforme, impossibilitando a autossuficiência alimentar de países como China e Índia que terão crescimento expressivo no consumo de alimentos nos próximos anos.

Embora o método de conversão em CE tenha sido aplicado em outros países, não foram encontrados trabalhos que avaliaram a aplicabilidade da metodologia de conversão em cereal equivalente na avaliação do consumo de recursos naturais da

produção de frangos, suínos e ovos de galinha para a realidade brasileira, a despeito da relevância destes setores.

Diante do exposto, o objetivo desta pesquisa foi avaliar a aplicabilidade do método de conversão em cereal equivalente (CE) na determinação do consumo de recursos naturais, na produção de frangos, suínos e ovos de galinha. Os recursos naturais que tiveram o seu consumo estimado foram os macronutrientes utilizados na produção de grãos (nitrogênio, fósforo e potássio), a água e a área agricultável, por serem os mais escassos e limitantes às atividades agropecuárias (LANA, 2009).

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A produção brasileira de frangos, suínos e ovos de galinha

A produção de carne de frango é uma das atividades da agropecuária nacional que mais cresceu nos últimos anos. Entre 2010 e 2020 a produção aumentou em aproximadamente 8,8 milhões de toneladas, ou 18,9%, sendo que 68% do total é destinada ao consumo interno. As exportações de carne de frango também cresceram neste período, chegando a 4,23 milhões de toneladas no ano de 2020, um aumento de 10,8% em relação ao volume exportado no ano de 2010 (ABPA, 2021).

Os 3 estados da região Sul respondem pela maior parcela da produção nacional, sendo o Paraná o maior estado produtor, com aproximadamente 32,6% da produção nacional, seguido dos estados de Santa Catarina com 14,5% e Rio Grande do Sul com 12,4%. O principal mercado importador de carne de frango brasileira é o chinês que, apesar de ser um dos maiores criadores mundiais, apresentou grande elevação de demanda nos últimos anos o que contribuiu para que o Brasil fosse o maior exportador de carnes de frango no ano de 2019, com 4.214 mil toneladas, 953 mil toneladas a mais do que os EUA (EMBRAPA, 2021; ABPA, 2021).

A produção de suínos brasileira também apresentou crescimento nos últimos anos, de 3,327 milhões de toneladas em 2010 para 3,983 milhões de toneladas em 2019, um aumento de 23%. O consumo interno de carne suína também aumentou, saindo de 14,1 kg/per capita/ano em 2010 para 15,3 kg/per capita/ano em 2019 (ABPA, 2020). Os estados que mais produzem carne suína no Brasil são os estados da região Sul, sendo Santa Catarina o maior estado produtor, com 1,12 milhões de toneladas de carne em 2019 representando 27,15% da produção nacional. Na sequência vem a produção paranaense, com 841 mil toneladas (20,42%) e a produção do Rio Grande do Sul, com 760 mil toneladas (18,45%) (EMBRAPA, 2020).

Quanto à exportação de carne suína brasileira, 5 estados (Santa Catarina, Rio Grande do Sul, Paraná, Minas Gerais e Mato Grosso) respondem por praticamente a totalidade deste volume. O país destinou grande parte da produção para o mercado

asiático (64,8%), afetado pela disseminação da febre suína asiática (FSA), que reduziu entre 30% a 40% o rebanho suíno chinês desde 2018 (ABPA, 2020).

A produção de ovos de galinha, diferentemente da de carne de frango e suína é praticamente toda (99%) destinada ao mercado interno. O país produziu no ano de 2020 53,5 bilhões de ovos, 9,12% a mais do que no ano de 2019, atendendo a demanda crescente do mercado interno. A produção nacional concentra-se nos estados da região Sudeste, com o estado de São Paulo como maior produtor nacional, responsável por 29,2% do total de ovos produzidos, seguido pelo estado do Espírito Santo, com 9,50% e o estado de Minas Gerais, com 9,39%. Apesar do reduzido volume exportado de ovos, houve crescimento entre 2010 e 2020, de 28,9 bilhões de unidades em 2010 para 49,1 bilhões em 2020, um aumento de 69,9% no período. O estado de Mato Grosso é responsável pela maior parcela das exportações de ovos, 39,46%, seguido dos estados do Rio Grande do Sul com 20,49% e de São Paulo com 19,71% (EMBRAPA, 2021).

A produção e comercialização de carne de frango e suíno no Brasil depende dos mercados americano e chinês, os maiores criadores do mundo. As perspectivas de importações de carne suína pela China é de que permaneçam elevadas em razão dos impactos da FSA, o que deve elevar os preços mundiais em razão da dificuldade de substituir a produção de carne suína na China. A importação de carne de frango pela China também tende a crescer, pois o produto é um substituto direto da carne suína. Para a ANDA (2020), as projeções de crescimento das importações chinesas da carne de frango brasileira podem variar de 2 a 7% sobre os resultados obtidos em 2019 e 2020, dependendo do comércio entre China e EUA.

A dinâmica dos mercados de frango e suíno é também afetada pela oferta de grãos brasileira, principalmente de milho e soja, alimentos básicos da ração dos animais. De acordo com CONAB (2021), a produção de milho brasileira apresentou queda de 15,1% no total produzido na safra 2020/2021 em relação à safra anterior, atingindo 87 milhões de toneladas, para a safra 2021/2022 as projeções são de retomada do crescimento da produção, devido a melhor distribuição das chuvas e aumento da produtividade, atingindo 117,2 milhões de toneladas. Para a produção de soja, o órgão espera uma elevação da produção nacional na safra 2021/2022,

atingindo 142,79 milhões de toneladas, 5,47 milhões de toneladas a mais do que em 2019/2020.

O crescimento da produção nacional de frango e suíno também influenciou o mercado de ração brasileiro nos últimos anos. Os criadores enfrentaram dificuldades dada a elevação no preço do milho, do farelo de soja, a desvalorização cambial da moeda nacional e a elevação no preço dos insumos importados. Em 2020 houve relativa retração no mercado de rações, pela elevação do risco de prejuízos devido a redução da rentabilidade das criações (SINDIRAÇÕES, 2020).

O mercado de ovos de galinha também foi influenciado pela elevação dos preços do milho, do farelo de soja e da ração nos últimos anos, gerando elevação nos preços de venda do produto. A ABPA (2021) projeta o crescimento das exportações brasileiras, principalmente para os Emirados Árabes e para o Japão nos próximos anos.

2.2 Consumo de recursos naturais na produção animal

O crescimento do consumo de produtos de origem animal, principalmente nos países desenvolvidos, vem elevando indiretamente o consumo de alguns recursos naturais, como água e área agricultável, devido ao aumento da produção de grãos e pastagens (TRAMBEREND et al., 2019). Estes autores afirmam que para atender a crescente demanda por proteína animal será necessário o aumento de 70% na produção mundial de grãos e carnes até o ano de 2050.

Este crescimento do consumo e da produção de produtos de origem animal gera preocupação sobre a capacidade do meio ambiente em suportar o aumento da demanda de recursos naturais, devido a distribuição irregular destes recursos no planeta (BOLTON, 2019). Na literatura é possível encontrar alguns trabalhos que analisaram os impactos ambientais negativos e o consumo de recursos naturais na produção de produtos de origem animal.

Leinonen et al., (2012) avaliaram os fatores que mais causam impactos ao ambiente em 3 sistemas de criação de frangos: o sistema em gaiolas, o de livre circulação e o orgânico e concluíram que a produção de ração, o processamento e o transporte dos animais foram as etapas que mais consumiram recursos naturais e

que a produção dos dejetos animais pode ser um fator de risco ao meio ambiente se indevidamente manejado, devido ao potencial de eutrofização e acidificação deste material.

Drasting et al., (2016) avaliaram a pegada hídrica em 4 propriedades criadoras de frangos no Brasil, nas etapas de produção de ração, hidratação direta dos animais, limpeza e refrigeração das instalações. Os autores concluíram que mais de 99% de toda a água consumida nos sistemas de produção era destinada a produção de milho e soja para a ração e que para uma melhor gestão da água do sistema era imprescindível melhorias na ração elaborada para os animais.

Payandeh et al., (2017) analisaram a produção de frango de 90 produtores no Irã buscando quantificar as maiores fontes de impactos ambientais e como reduzi-los. Os autores concluíram que o consumo de energia elétrica e de recursos naturais para a produção de ração são as principais fontes de impactos ambientais.

Arrieta e González (2019) avaliaram a pegada hídrica e de carbono das produções de frango e suíno na Argentina, a partir da produção de gases do efeito estufa (GEEs) e do consumo de água em todo o ciclo produtivo e concluíram que as maiores emissões de GEEs e o maior consumo de água davam-se na fase de produção de soja para produção de ração.

De outro lado, alguns autores destacam benefícios ambientais da produção animal. Brugnara et al., (2014) avaliaram o desenvolvimento de mudas de maracujazeiro comparando-se a aplicação de fertilizante convencional e cama de frango e concluíram que a aplicação de cama de frango além de reduzir a quantidade de fertilizantes ainda garantiu desenvolvimento maior das mudas.

Silva et al., (2015) avaliaram os efeitos bromatológicos e no solo da aplicação de dejetos suínos em pastagem de *Brachiaria decumbens* e concluíram que houve aumento dos teores de proteína bruta das plantas e dos nutrientes N, P Ca e Mg. Os autores também verificaram que, com doses controladas não foram verificadas alterações no PH e na matéria orgânica do solo.

2.3 Avaliação do consumo de recursos naturais na produção animal

Um dos principais pontos para a avaliação dos impactos negativos causados por sistemas produtivos é a quantificação do consumo de recursos naturais e de energia em todas as etapas do processo de produção. Diferentes metodologias foram desenvolvidas para avaliar os fluxos de materiais e energia em diferentes regiões, processos produtivos e produtos, mas todas foram elaboradas com um princípio comum, a quantificação da exportação de materiais e energia durante um processo produtivo (GÖBLING-REISEMANN, 2008). Segundo a divisão geral de meio ambiente da União Europeia – DSG/UE (2002), os métodos de avaliação ambiental aplicáveis a sistemas produtivos podem ser classificados nas seguintes categorias:

- **capacidade de carga:** indica a capacidade máxima de uma área em sustentar a produção de um determinado produto. Por este conceito compara-se a quantidade disponível de recursos e bens na natureza com a quantidade consumida por uma determinada população para manutenção do padrão de consumo. Nesta categoria se enquadram as metodologias da pegada ecológica e do *environmental space* (espaço ambiental).
- **Medição física do uso dos recursos:** avalia a eficiência dos sistemas de produção no uso de cada recurso natural. Nesta categoria se enquadram as metodologias de Desmaterialização (fator 4/ fator 10), de fluxo de material (MIPS ou entrada de material por unidade de serviço, *ecological rucksack* ou mochila ecológica e o total requerido de material ou *total material requirement*) e a *Compound savings rule* ou regra da poupança composta.
- **Termodinâmicos:** baseando-se na segunda lei da termodinâmica e nas transformações energéticas durante o processo produtivo, pode-se medir a eficiência de um sistema de produção. Nesta classificação está a metodologia de exergia.
- **Abordagem econômica dos recursos naturais:** Avalia a extração e o uso de recursos naturais adotando valores e índices monetários às quantidades consumidas nos processos produtivos e disponíveis na região avaliada. Nesta classificação estão incluídos as metodologias Gestão de recursos naturais não

renováveis, Gestão de recursos naturais renováveis, produto interno verde e a poupança genuína.

Dentre as metodologias destacadas, o órgão informa que, dada a capacidade de comparação a pegada ecológica e a exergia são as mais frequentemente utilizadas para avaliação do consumo de recursos naturais.

As pegadas ecológica, hídrica, energética e de carbono compõe um conjunto de indicadores de consumo de recursos naturais de estreita relação com os principais pontos de preocupação ambiental atuais, a segurança alimentar, a segurança energética, a segurança climática e a segurança da disponibilidade de água. Estes indicadores servem como medida da quantidade de área produtiva e água necessária para suprir uma atividade específica, os recursos consumidos no processo de produção e a quantidade de dióxido de carbono gerada (FANG et al., 2014).

Na avaliação do consumo de recursos naturais para a produção de proteína animal, encontram-se alguns trabalhos que utilizaram os indicadores de pegada como método de avaliação (XIN et al., 2011; PALHARES, 2014; SALVO et al., 2015; SCHNEIDER; CARRA, 2016; CORDEIRO et al., 2019), contudo, Fernandes et al., (2008) afirmam que os indicadores de pegada restringem-se apenas as observações das variáveis mais importantes dentro de um sistema, produzindo resultados aquém da realidade. Rohan et al., (2018) destacam que a não consideração da influência de fatores externos como mudança tecnológica ou degradação ambiental nos resultados, a dificuldade de conversão de valores produtivos em uma única unidade em relação a terra, água ou quantidade de CO₂ e a não consideração dos limites ecológicos críticos do objeto são limitações a serem consideradas.

A exergia é definida como a capacidade máxima de trabalho obtida por um sistema até o completo equilíbrio destes com o meio ambiente que o cerca (Tsatsaronis, 2007). Leal et al., (2000) afirmam que a partir da quantidade de exergia consumida em cada etapa da produção pode-se identificar quais processos ou equipamentos consomem mais exergia e precisam ser alterados. Göbbling-Reisemann (2008) afirma que a avaliação exérgica permite quantificar o uso dos recursos naturais com precisão, pois cada processo produtivo demanda quantidades diferentes de exergia e os recursos naturais variam de acordo com as quantidades

exergéticas disponíveis, sendo assim consumidos em maiores ou menores quantidades dependendo do processo produtivo adotado.

Apesar da comprovada aplicabilidade na avaliação do consumo de recursos naturais na produção de proteína animal (HOANG; RAO, 2010; TAELMAN et al., 2015; ZHANG et al., 2019), Gaudreau et al., (2009) afirmam que a avaliação exergética possui limitações como a falta de uma qualificação apropriada para recursos naturais que possuem pouca ou nenhuma exergia, como o ar e alguns minerais e Connelly e Koshland (2001) afirmam que este método não contempla a quantificação de processos não exergéticos, como a redução da usabilidade de um material causada pela exposição à umidade ou as diferenças químicas entre materiais de mesmo tipo encontrados em diferentes regiões.

Outra metodologia utilizada na avaliação do consumo de recursos naturais é o ciclo de vida do produto (ACV). Por esta ferramenta pode-se quantificar os diferentes impactos ambientais causados em processo produtivo medindo o fluxo de materiais e energia do meio ambiente para o produto (GÖBLING-REISEMANN, 2008). Claudino e Talamini (2012) acrescentam que são avaliados também os impactos ambientais associados ao uso dos recursos naturais e as emissões de poluentes para identificar as possibilidades de otimização do sistema.

Este método pode ser encontrado em trabalhos que buscaram quantificar o consumo de recursos naturais na produção de proteína animal (SILVA et al., 2014; MONTEIRO; POZZA, 2017; PACHECO et al., 2018; RITCHIE; ROSER, 2019) em diferentes localidades e sistemas produtivos. Dutra et al., (2016) informam que o método de avaliação do ciclo de vida demanda elevadas quantidades de informação, elevado número de indicadores, possui elevado custo de aplicação, necessita de operadores treinados para o uso e permite a atribuição de qualidades ambientais a produtos e processos que estes não possuem, devido a inserção de valores sem critério como entradas dos sistemas.

Outra metodologia aplicável na avaliação do consumo de recursos naturais para produção de proteína animal é a metodologia de conversão em cereal equivalente (CE). Fukase e Martin (2016) afirmam que esta é uma metodologia na qual são convertidos produtos animais e vegetais em uma quantidade de referência de cereais com o mesmo conteúdo calórico.

Os coeficientes de CE para produtos vegetais são obtidos comparando o conteúdo calórico destes com a mesma quantidade de cereais, assumindo eficiências semelhantes entre diferentes produtos vegetais, mas considerando o maior uso de recursos naturais associados a produção de um quilograma do produto que contenha mais calorias por quilograma de peso. Para produtos de origem animal, o coeficiente CE é a quantidade de alimento usado para produzir uma unidade de produtos de origem animal em termos de energia dietética equivalente a uma unidade de cereal, considerando não apenas os grãos consumidos, mas também outros tipos de alimentos (RASK; RASK, 2014).

Apesar da comprovada capacidade de avaliação do consumo de recursos naturais em diferentes produtos (ZHEN et al., 2010; MARSILY; ABARCA-DEL-RIO, 2016; FUKASE; MARTIN, 2020), esta metodologia ainda foi pouco utilizada para avaliação do consumo de recursos naturais na produção de proteína animal, sendo mais encontrada em trabalhos associando o padrão de consumo de alimentos de uma população com a sua renda per capita (RASK; RASK, 2014, 2017; FUKASE; MARTIN, 2016) . Em relação ao Brasil não foram encontrados trabalhos que utilizaram esta metodologia, sendo uma lacuna a ser explorada por esta pesquisa.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Neste item são apresentadas as principais fontes de dados que foram utilizadas, os referenciais metodológicos para o cálculo das quantidades de cereal equivalente (CE), do total de milho consumido na ração animal, do consumo de macronutrientes NPK (nitrogênio, fósforo e potássio), de água, do uso de área agricultável e por fim os resultados obtidos.

3.1 Levantamento de informações

Esta pesquisa teve como base o trabalho de Rask e Rask (2014) para a conversão dos valores da produção anual de frango, suíno e ovos de galinha em cereal equivalente. Esta pesquisa apresenta os conceitos metodológicos e os parâmetros de conversão atuais para aplicação do método.

Para estimar o consumo de macronutrientes foi utilizada a metodologia proposta por Sporchia et al., (2021) e o consumo anual de fertilizantes pela cultura de milho no Brasil foi obtido no trabalho de Rosas (2012). O uso de área agricultável baseou-se nos trabalhos de Ali et al., (2017) e Sporchia et al., (2021). O consumo de água foi medido pelo método da pegada hídrica proposto por Mekonnen e Hoekstra (2010).

Foram utilizados dados da FAO (FAOSTAT e AQUASTAT), devido a quantidade de dados sobre a produção agropecuária brasileira e a compatibilidade de aplicação da metodologia de conversão em cereal equivalente (RASK; RASK, 2014), referentes à produção anual de suíno, de frango, de ovos, produção e produtividade de milho, precipitação média anual e importação de NPK. O período de levantamento de informações foi de 30 anos, de 1987 a 2017, por apresentar uma quantidade relevante de valores para avaliar a eficiência da metodologia de conversão em cereal equivalente.

Outras informações necessárias para o embasamento teórico e avaliação dos resultados foram obtidas em trabalhos publicados em periódicos nacionais e internacionais, boletins técnicos de órgãos nacionais e internacionais como CONAB (Companhia Nacional de Abastecimento), IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e

Estatística), EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária), DSG – EU (Departamento Geral de Meio Ambiente da União Europeia), Banco Mundial, OCDE (Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico), e em publicações de associações e órgãos como ABPA (Associação Brasileira de Proteína Animal), Sindirações (Sindicato da Indústria Produtora de Rações) entre outros.

3.2 Metodologia de conversão dos valores da produção animal em cereal equivalente (CE)

Para a conversão dos valores da produção de suínos, frangos de corte e ovos de galinha em cereal equivalente foram realizadas as seguintes etapas:- 1) levantamento dos valores da produção anual de frangos, suínos e ovos de galinha, 2) determinação do fator de conversão de cada produto em cereal equivalente, 3) aplicação da fórmula de conversão dos valores da produção anual destes produtos em cereal equivalente e 4) estimativa do total de milho consumido a partir do total de cereal equivalente. Os dados referentes à primeira etapa são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Produção brasileira de frangos, suínos e ovos de galinha em ton . ano⁻¹

ANO	FRANGOS*	SUÍNOS*	OVOS
1987	818135	2185558	1235147
1988	819344	2115340	1178359
1989	880874	2190085	1187262
1990	910932	2230777	1230401
1991	1012430	2287653	1315019
1992	1092192	2349209	1319450
1993	1100587	2274180	1333257
1994	1157151	2355347	1384625
1995	1267258	2512858	1415350
1996	1262891	2074705	1372572
1997	1359463	2280533	1466477
1998	1481793	2310411	1389539
1999	1562079	2466175	1467000
2000	1621582	2668244	1509464
2001	1731478	2820262	1539143
2002	1747348	2792389	1547500
2003	1832183	2835241	1571152
2004	1888546	2921769	1615932
2005	2056200	3264964	1674929
2006	2164072	3287226	1760340
2007	2319089	3359686	1779190
2008	2563203	3444454	1844670
2009	2586619	3775091	1921887
2010	2679911	3815818	1948000
2011	2771128	3872156	2036534
2012	2824737	3567766	2083800
2013	2788176	3301958	2171500
2014	3025293	3384079	2240551
2015	3084709	3619763	2260940
2016	3068861	3604684	2259623
2017	3372444	3788724	2882710

*Em carcaça limpa

Fonte: FAO (2020)

Em seguida determinou-se a quantidade de cereal equivalente em relação ao valor anual da produção destes produtos por meio da Equação 1:

$$QuantCE = P_{prod} * F_{conver} \quad (1)$$

Onde:

Q_{uantCE} = Quantidade de cereal equivalente em ton . ano⁻¹

P_{prod} = Quantidade de carne suína, de frangos e ovos de galinha em ton . ano⁻¹

F_{conver} = O fator de conversão de quantidade de produtos de origem animal em quantidade de cereal equivalente

De acordo com Rask e Rask (2014) o fator de conversão é um parâmetro que permite a transformação dos produtos de origem animal processados em uma quantidade de cereais que tenha o mesmo conteúdo calórico dos alimentos consumidos pelo animal até o abate. Por este fator estima-se quantos quilos de cereais precisariam ser consumidos para a produção de cada quilograma de produto final. Na Tabela 2 são apresentados os valores dos fatores de conversão de diferentes produtos e derivados.

Tabela 2 – Fatores de conversão dos produtos de origem animal em cereal equivalente

PRODUTO	FATOR DE CONVERSÃO EM PESO DE CARÇAÇA	FATOR DE CONVERSÃO DOS DERIVADOS
Bovinos	19,4	-
Suínos	8,3	-
Aves	4,4	-
Carneiros e cabras	19,4	-
Outras carnes	12,0	-
Leite	-	1,2
Ovos	-	3,8

Fonte: Adaptado de RASK; RASK (2014)

A título de exemplo, tomando-se o fator de conversão da carne suína, verifica-se que são necessários 8,3 kg de cereal equivalente para a produção de 1 kg de carne suína.

A partir da composição da ração de suínos e aves foi estimado o consumo anual de alimentos que a compõem. Neto et al., (2008) e Palhares (2011, 2014) avaliaram a constituição da ração de suínos, frangos de corte e galinhas poedeiras nos principais estados produtores e constataram que 95% da ração destes animais é composta por milho e soja.

A análise delimita-se ao produto principal da ração que é o milho, pois a metodologia de CE depende do alimento constituinte da ração (RASK; RASK, 2014). Segundo Neto et al., (2008) o milho constitui em média 55% na ração destinada a produção de ovos, 56% na ração de frangos de corte e 66% na produção de suínos, valores considerados neste trabalho. Para a conversão dos alimentos presentes na ração em cereal equivalente foi utilizada a equação 2.

$$QCE_{milho} = QuantCE * \%part. alim * fat. adap \quad (2)$$

Onde:

$$QCE_{milho} = \text{Quantidade de CE milho em ton} \cdot \text{ano}^{-1}$$

$$\%part. alim = \text{Participação percentual de milho na ração}$$

$$fat. adap = \text{Fator de adaptação de diferente produtos em CE} \cdot$$

Segundo Rask e Rask (2014), pode-se estimar a quantidade consumida dos diferentes produtos constituintes da ração animal a partir da aplicação de um fator de adaptação sobre a quantidade de cereal equivalente estimada. Na Tabela 3 são apresentados os fatores de conversão de diferentes fontes alimentares utilizadas na ração dos animais. Os alimentos são separados em grupos segundo o conteúdo calórico, pois diferentes alimentos pertencentes ao mesmo grupo possuem poucas variações nos seus conteúdos calóricos (RASK; RASK, 2014).

Tabela 3 – Fator de conversão de cereal equivalente em diferentes alimentos

ALIMENTOS	FATOR DE CONVERSÃO EM CE
Cereais	1,00
Frutas	0,14
Pulses*	1,06
Raízes e tubérculos	0,25
Açúcares e Adoçantes	1,08
Oleaginosas	0,77
Óleos vegetais	2,72
Legumes	0,08

* grupo de leguminosas secas que incluem feijões, ervilhas secas, grão-de-bico e lentilhas.

Fonte: Adaptado de Rask; Rask, (2014).

O valor do fator de conversão utilizado para o milho foi 1, assim a quantidade de milho consumida anualmente foi determinada multiplicando-se a quantidade de cereal equivalente estimada pela porcentagem de participação do milho na ração animal.

A partir dos valores das quantidades de milho consumidas para a produção frangos, suínos e ovos de galinha, pôde-se estimar o consumo de recursos naturais. Nas próximas seções são detalhadas as metodologias para avaliação do consumo dos macronutrientes N, P e K, de água e do uso de área agricultável.

3.3 Metodologia para avaliação do consumo dos macronutrientes nitrogênio, fósforo e potássio

Para estimar o consumo dos macronutrientes nitrogênio, fósforo e potássio foi calculado o parâmetro de intensidade do uso de fertilizantes (FI), que representa um valor de referência do consumo de fertilizantes para determinada quantidade de milho. Este fator varia de acordo com a quantidade de macronutrientes necessárias para a produção do milho. À medida que a eficiência no aproveitamento dos fertilizantes aplicados aumenta este parâmetro se reduz (SPORCHIA et al., 2021).

O fator de intensidade do uso de fertilizantes (FI) é adimensional e foi obtido a partir da equação 3.

$$FI = \frac{Cons.fert}{Prod.milho} \quad (3)$$

Onde:

FI = intensidade do uso de fertilizantes para o milho

Cons.fert = Consumo de fertilizante para a produção de milho em ton . ano⁻¹

Prod.milho = Produção de milho em ton . ano⁻¹

O consumo anual de micronutrientes na cultura do milho no Brasil foi obtido do trabalho de Rosas (2012), que avaliou o consumo de fertilizantes nas culturas milho, soja e algodão, em diferentes localidades (Brasil, China, México, Estados Unidos e União Europeia) no período de 1990 a 2010. Os valores não encontrados foram obtidos por extrapolação, com base na tendência linear dos valores conhecidos, através da função TENDÊNCIA do software Excel 2016.

No trabalho de Rosas (2012) os valores do consumo de fertilizantes a base de fósforo e potássio são apresentados em quantidades de P₂O₅ e K₂O, necessitando da conversão destes valores nas concentrações de P e K presentes nessas formulações. De acordo com IAC (2011) as concentrações de P e K presentes nos fertilizantes fosfatados e potássicos são expressas em quantidades de P₂O₅ e K₂O e que para se determinar a concentração de P e K aplicadas em uma cultura deve-se dividir os valores de P₂O₅ por 2,29 e de K₂O por 1,20. Estes valores são obtidos pela diferença de peso atômico das formulações e dos macronutrientes isolados (P₂O₅ = 142, P₂ = 62, K₂O = 54, K₂ = 38).

Na Tabela 4 são apresentados os valores do consumo dos macronutrientes N, P e K utilizados nesta pesquisa.

Tabela 4 – Consumo anual de macronutrientes N, P e K na produção de milho em ton . ano⁻¹

ANO	NITROGÊNIO	FOSFORO	POTASSIO
1987	167.370,3	156.293,3	213.732,6
1988	196.956,3	162.224,4	229.128,3
1989	226.542,2	168.155,6	244.524,0
1990	228.589,2	136.012,2	209.758,2
1991	231.429,0	144.360,6	216.132,8
1992	241.905,4	147.627,4	227.452,1
1993	359.564,6	196.393,5	321.042,5
1994	409.458,9	235.580,2	356.128,7
1995	351.979,0	183.697,6	315.944,8
1996	506.238,6	258.368,1	453.166,8
1997	423.888,8	199.396,4	343.717,9
1998	474.794,8	220.607,2	354.104,7
1999	489.523,3	202.235,6	328.240,9
2000	673.487,9	282.979,0	481.769,4
2001	587.282,5	265.911,5	471.821,0
2002	620.021,6	281.038,4	482.294,6
2003	813.508,9	306.923,7	624.832,0
2004	766.235,4	302.080,3	547.288,8
2005	667.448,6	222.752,6	436.054,7
2006	675.318,0	283.479,3	479.590,6
2007	855.561,0	319.796,6	641.071,3
2008	823.358,0	257.853,0	555.557,3
2009	664.665,2	226.621,5	383.084,8
2010	727.477,3	227.650,1	462.354,2
2011	877.432,6	298.641,0	583.229,2
2012	907.018,6	304.572,2	598.624,9
2013	936.604,5	310.503,4	614.020,6
2014	966.190,4	316.434,5	629.416,3
2015	995.776,3	322.365,7	644.811,9
2016	1.025.362,3	328.296,8	660.207,6
2017	1.054.948,2	334.228,0	675.603,3

Fonte: Adaptado de Rosas (2012)

As quantidades de N, P e K utilizadas foram estimadas através da equação 4 para cada produto de origem animal.

$$Uso\ fert. = CE\ milho * FI \quad (4)$$

Onde:

Uso.fert = consumo de macronutrientes na produção animal em ton . ano⁻¹

CE milho = quantidade de milho consumida para cada produto de origem animal em ton . ano⁻¹

FI = intensidade do uso de fertilizantes para o milho

3.4 Metodologia de avaliação do uso de área agricultável

Para estimar o uso de área agricultável em cada produto de origem animal, dividiu-se a quantidade de milho consumida anualmente pela produtividade do milho brasileira, obtida em FAO (2020).

De acordo com Ali et al., (2017) a avaliação do uso de área agricultável baseando-se na produtividade do milho consegue refletir as variações da capacidade produtiva do local avaliado e indicar o aumento ou a redução da eficiência no uso de área agricultável ao longo dos anos. Na Tabela 5 são apresentados os valores da produtividade anual do milho utilizados nesta pesquisa. De acordo com FAO (2020), estes valores referem-se a média nacional da produtividade do milho.

Tabela 5 – Produtividade do milho brasileiro em ton . ha⁻¹ . ano⁻¹

ANO	PRODUTIVIDADE
1987	1,98
1988	1,88
1989	2,06
1990	1,87
1991	1,81
1992	2,28
1993	2,53
1994	2,36
1995	2,60
1996	2,48
1997	2,62
1998	2,8
1999	2,78
2000	2,72
2001	3,40
2002	3,06
2003	3,73
2004	3,37
2005	3,04
2006	3,38
2007	3,79
2008	4,08
2009	3,71
2010	4,37
2011	4,21
2012	5,01
2013	5,25
2014	5,18
2015	5,54
2016	4,29
2017	5,62

Fonte: FAO (2020)

Após a determinação de área destinada à produção de milho, foi determinada a quantidade de área agricultável por unidade de produto final obtido. Este valor

permite avaliar ao longo do tempo se a quantidade de área agricultável utilizada na produção de cada quilograma de produto de origem animal se alterou, indicando evolução do aproveitamento deste recurso natural, sendo o parâmetro de avaliação de eficiência no uso de área agricultável mais encontrado na literatura (ZHEN et al., 2010). Este parâmetro foi determinado pela equação 5.

$$EF \text{ área} = \frac{10.000}{\left(\frac{P_{prod \text{ animal}}}{A_{cons \text{ CE milho}}} \right)} \quad (5)$$

Onde:

$EF \text{ área}$ = Eficiência no uso de área agricultável na produção dos produtos de origem animal em $m^2 \cdot kg^{-1} \cdot ano^{-1}$

$P_{prod \text{ animal}}$ = Quantidade de produto de origem animal produzido em $ton \cdot ano^{-1}$

$A_{cons \text{ CE milho}}$ = Área agricultável utilizada para a produção de milho consumido na produção animal em $ha \cdot ano^{-1}$

3.5 Metodologia de avaliação do consumo de água

O consumo de água foi medido através do método da pegada hídrica (*water footprint*), considerando os 3 tipos de fontes de água propostos por Mekonnen e Hoekstra (2010), sendo:

- **Pegada hídrica verde (*green water footprint*)** – consumo de água proveniente da chuva e que se encontra disponível para aproveitamento direto das plantas e nos processos de infiltração e evaporação naturais do sistema.

- **Pegada hídrica azul (*blue water footprint*)** – Contabiliza a água utilizada na criação das plantas proveniente dos lençóis freáticos e corpos d'água na forma de irrigação.

- **Pegada hídrica cinza (*grey water footprint*)** – É a quantidade de água necessária para diluir os potenciais poluentes produzidos.

A pegada hídrica total de cada produto foi determinada de acordo com a equação 6, somando os valores obtidos nos cálculos das pegadas hídricas verde, azul e cinza.

$$PHt = PH_{alimentação} + PH_{beber} + PH_{limpeza} \quad (6)$$

Onde:

PH_t = pegada hídrica total do produto de origem animal em $m^3 \cdot animal^{-1} \cdot ano^{-1}$

$PH_{alimentação}$ = pegada hídrica da quantidade de alimentos consumidos pelos animais em $m^3 \cdot ton^{-1}$

PH_{beber} = pegada hídrica da água utilizada para consumo direto em $m^3 \cdot ton^{-1}$

$PH_{limpeza}$ = pegada hídrica da água utilizada para limpeza em $m^3 \cdot ton^{-1}$

Com base na literatura, a avaliação do consumo de água refere-se somente à parcela utilizada na produção dos alimentos constituintes da ração animal, por esta representar aproximadamente 99% da água utilizada na produção animal (PALHARES, 2014). Os valores das pegadas hídricas da água utilizada para dessedentação animal e para a limpeza das instalações foram considerados como zero. A $PH_{alimentação}$ foi calculada a partir da equação 7.

$$PH_{alimentação} = \sum \frac{(Q_{cereal} * PH_{cereal}) - PH_{mistura\ cereal}}{Prod.} \quad (7)$$

Onde:

Q_{cereal} = quantidade de milho consumido em $ton \cdot ano^{-1}$

PH_{cereal} = pegada hídrica do milho consumido em $m^3 \cdot ton^{-1}$

$PH_{mistura\ cereal}$ = pegada hídrica da mistura dos componentes da ração em $m^3 \cdot animal^{-1} \cdot ano^{-1}$

$Prod.$ = produção brasileira de milho em $ton \cdot ano^{-1}$

Como foi avaliado somente o consumo de recursos naturais envolvidos na produção de milho, o valor de $PH_{mistura\ cereal}$ foi considerada como zero e o valor de PH_{cereal} é igual ao pegada hídrica do milho. Mekonnen e Hoekstra (2010) quantificaram a pegada hídrica do milho para o Brasil em relação a quantidade de água dos tipos verde, azul e cinza em $1.619 m^3 \cdot ton^{-1}$, $1 m^3 \cdot ton^{-1}$ e $124 m^3 \cdot ton^{-1}$ respectivamente, sendo estes os valores utilizados nesta pesquisa.

3.6 Avaliação e apresentação dos resultados

Os consumos dos recursos naturais foram dispostos em gráficos contemplando o período de 1987 a 2017 e foi determinada a taxa de crescimento anual pelo método de regressão linear (HOFFMAN et al, 1984).

Na avaliação do consumo de água, também foram avaliadas a percentagem de participação de cada componente da pegada hídrica no consumo total, para identificar a principal fonte de fornecimento da água consumida na produção dos animais e a quantidade de água consumida para a produção de uma tonelada de cada produto.

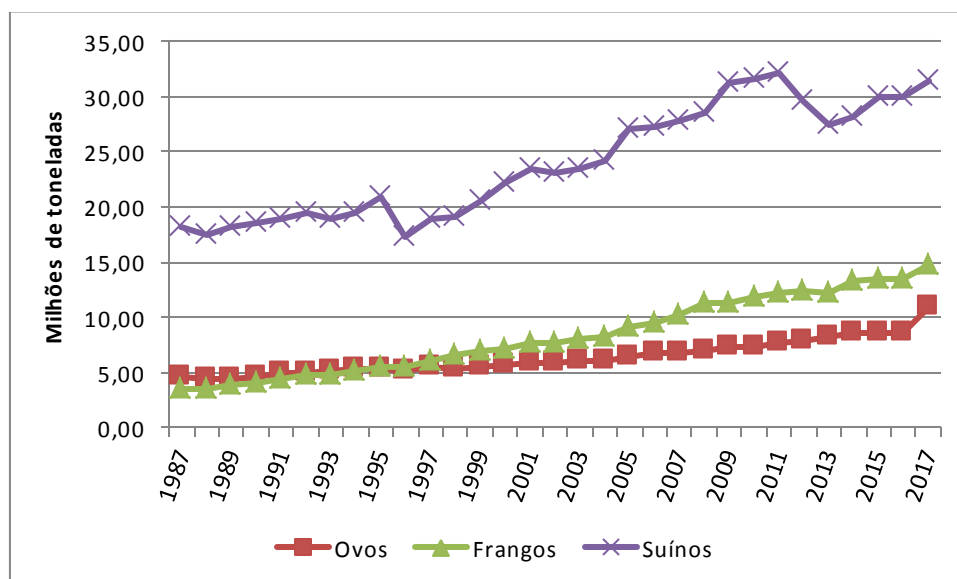
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção são apresentados a estimativa da quantidade de cereal equivalente para cada produto de origem animal, do total de milho consumido e das quantidades utilizadas dos macronutrientes N, P e K, de água e de área agricultável.

4.1 Resultados da conversão em cereal equivalente e do consumo de milho

Na Figura 1 são apresentados os resultados obtidos da conversão do volume produzido de carne de frango, de suíno e ovos de galinha em cereal equivalente. Verifica-se crescimento nos valores de CE entre 1987 e 2017, sendo de 312% para a produção de carne de frango, 73% para a produção de suínos e 133% para a produção de ovos de galinha. Também é evidente a maior demanda de CE para a produção de suínos em relação aos outros produtos, seguido produção de frangos. Este resultado deve-se ao fator de conversão de 8,3 kg de cereal equivalente para a carne suína ser maior que o de carne de frango e ovos.

Figura 1 – Conversão em cereal equivalente (CE) da produção de frangos, suínos e ovos de galinha (em ton . ano⁻¹)

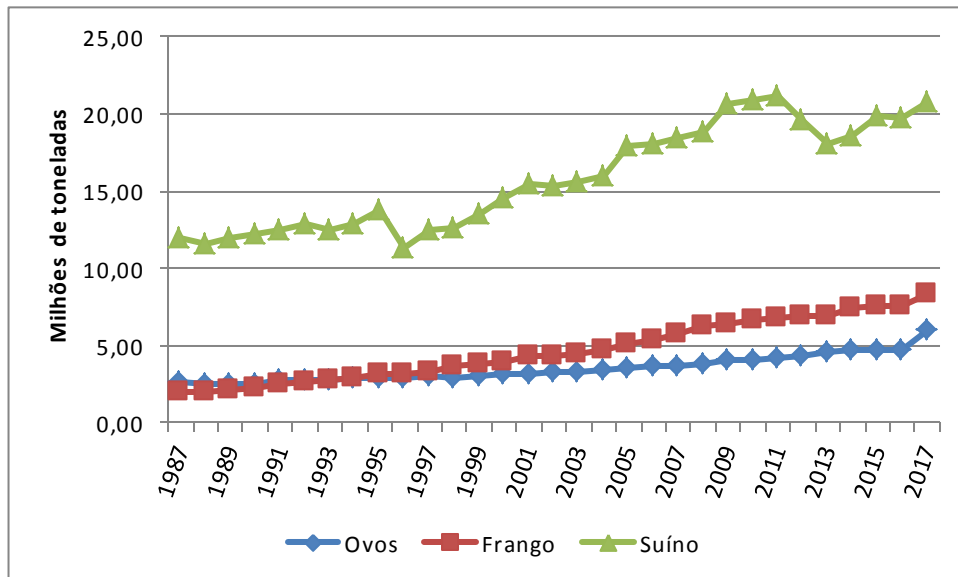


Fonte: Resultados da pesquisa

Na Figura 2 pode-se verificar que o maior valor do fator de conversão da carne suína apresentou efeito direto no consumo de milho. Além disso, a maior

porcentagem de milho na ração de suínos ajuda explicar a diferença de valores de CE entre as proteínas animais.

Figura 2 – Consumo anual de milho em toneladas

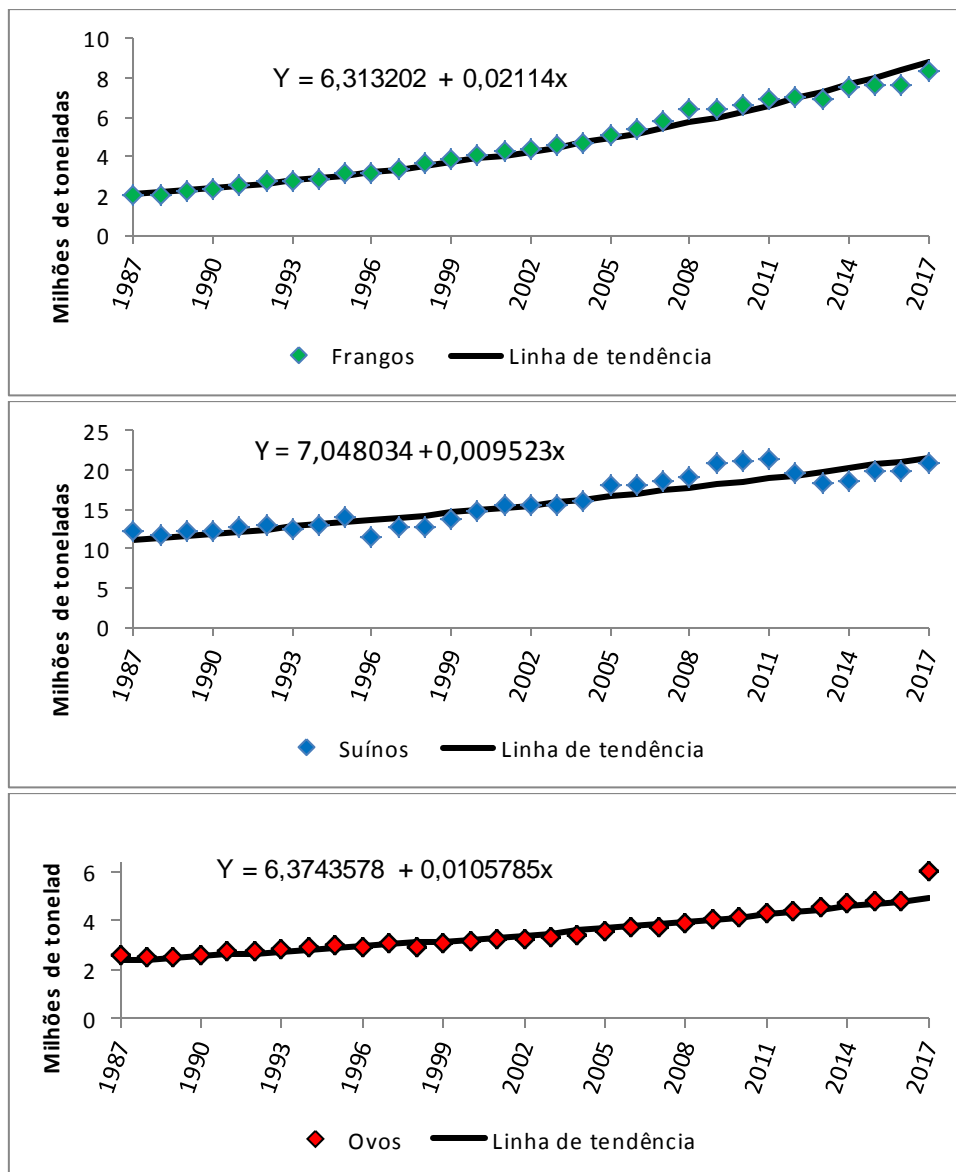


Fonte: Resultados da pesquisa

Se o consumo e a produção de milho seguirem as tendências históricas, não deverá haver problemas de atendimento da demanda (FIESP 2021). Segundo FAO (2020) a produção brasileira de milho no ano de 2017 foi de 97,9 milhões de toneladas, 62,8 milhões de toneladas acima do consumo agregado da produção animal avaliado para o mesmo ano que foi de 35,1 milhões de toneladas.

Na Figura 3 são apresentadas as equações obtidas pelo método da regressão linear e o crescimento anual do consumo de milho para cada produto de origem animal. A taxa de crescimento anual da produção de frangos foi a mais elevada dentre os produtos de origem animal, sendo de 4,98% a.a, seguida pela taxa de crescimento da produção de ovos de galinha (2,98% a.a) e da taxa de crescimento da produção de suínos (2,20% a.a).

Figura 3 – Equação do consumo de milho para suínos, ovos de galinha e frangos



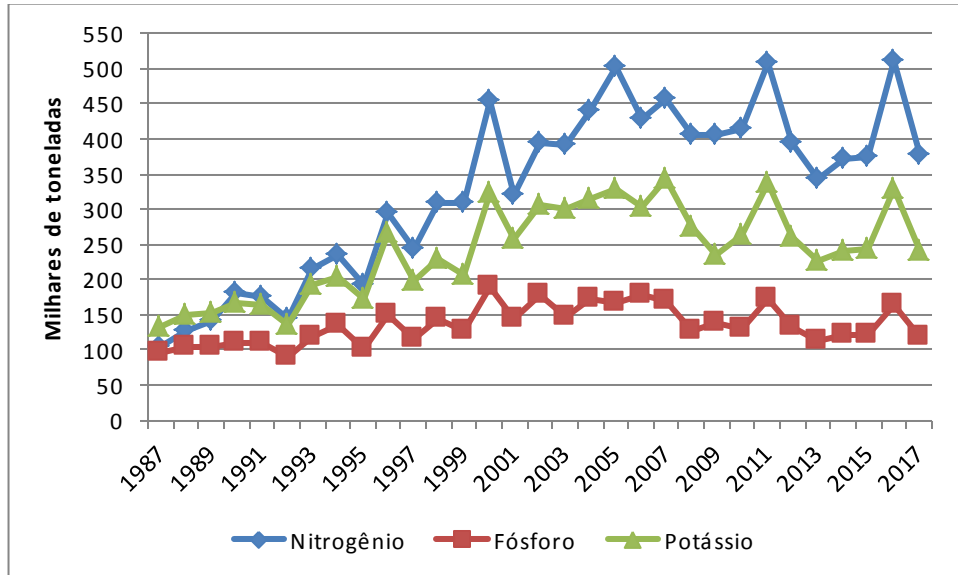
Fonte: Resultados da pesquisa

4.2 Consumo nitrogênio, fósforo e potássio (NPK)

Na Figura 4 é apresentado o consumo de cada macronutriente no período de 1987 a 2017. Nota-se o crescimento do consumo de todos os macronutrientes, com destaque para o consumo de nitrogênio que aumentou de 103,5 mil toneladas em 1987 para 378,1 mil toneladas em 2017, um crescimento de 265%. Como a produção brasileira das proteínas analisadas cresceu ao longo dos anos, o consumo de ração e conseqüentemente de milho também cresceu, o que explica o maior uso de macronutrientes. A taxa de crescimento anual do consumo total de nitrogênio

também foi a mais elevada, com 4,2% a.a, seguida da taxa de crescimento do consumo de potássio de 2,3% a.a e da de fósforo de 1% a.a.

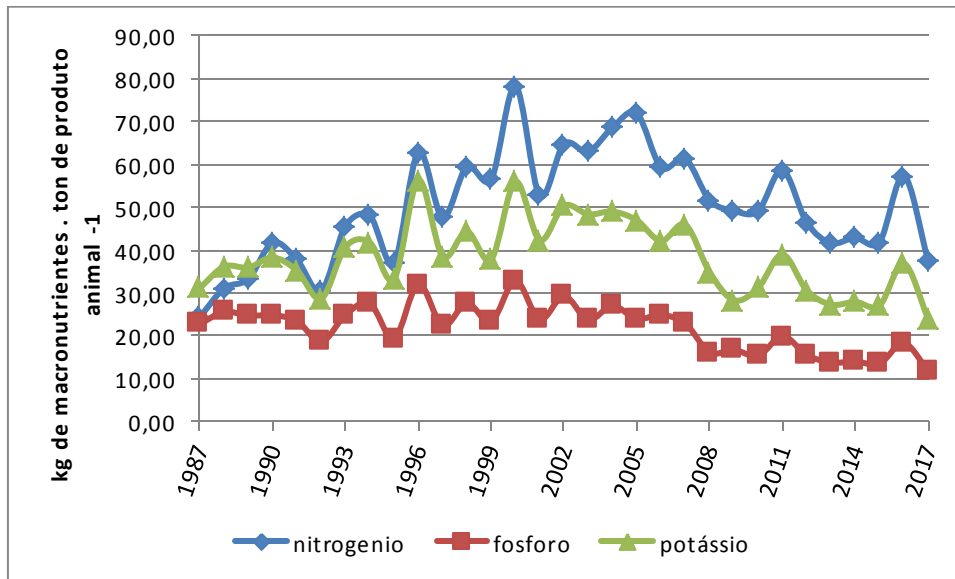
Figura 4 – Consumo de N, P e K para cada produto de origem animal



Fonte: Resultados da pesquisa

Entre 1987 e 2000 o consumo de nitrogênio, fósforo e potássio (Figura 5) passou de 24,4, 22,8 e 31,2 kg por tonelada de produto de origem animal para 78,2, 32,9 e 55,9 kg por tonelada, com taxa de crescimento anual de 7%, 1% e 3%, respectivamente. A partir do ano 2000 os valores do consumo de N, P e K apresentaram tendência de queda, chegando aos valores de 37,6 kg, 11,9 kg e 24,1 kg para cada tonelada de produto de origem animal no ano de 2017, com taxas de crescimento anuais de -3%, -5% e -4%, respectivamente, o que pode indicar maior eficiência, uma vez que todos os produtos de origem animal analisados apresentaram aumento de produção.

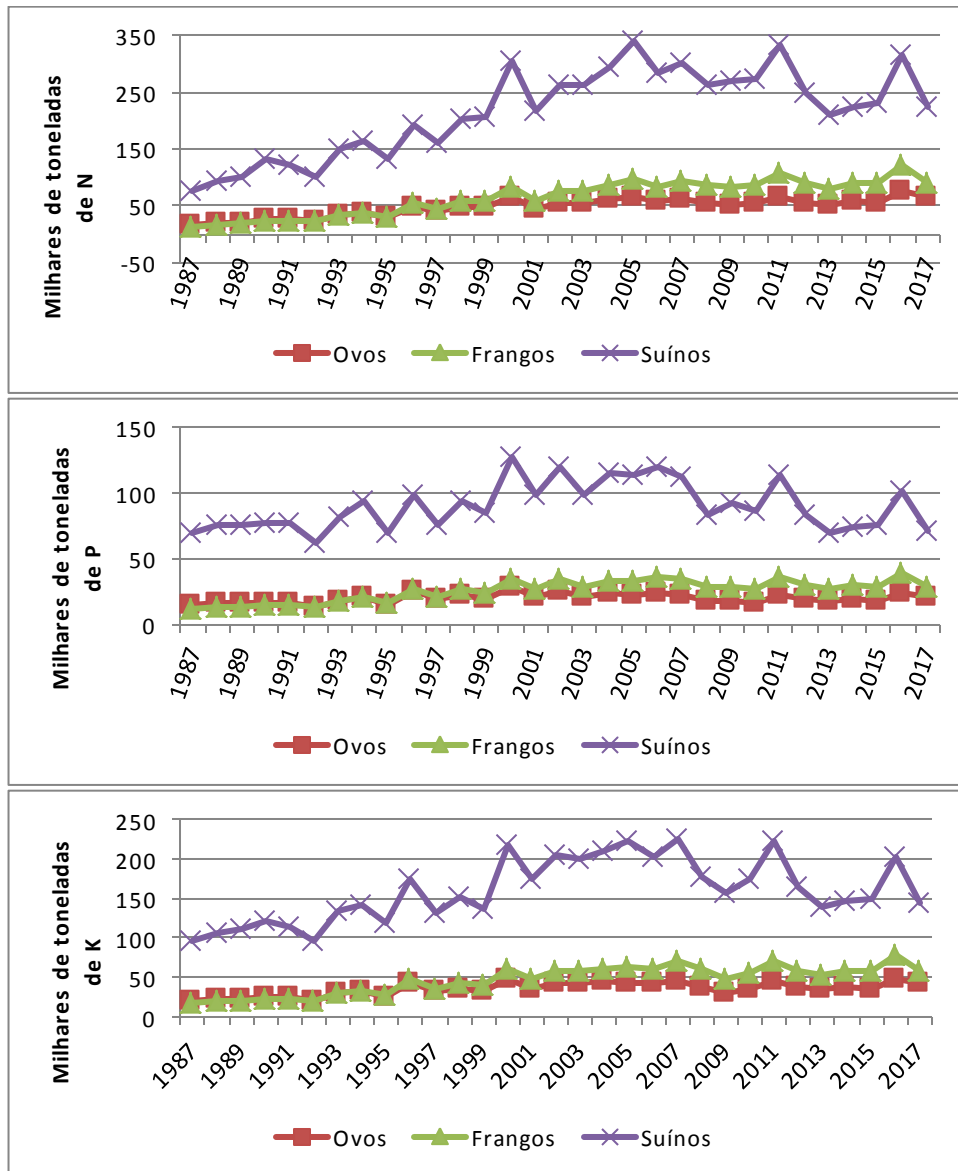
Figura 5 – Consumo de N, P e K por tonelada de produto de origem animal



Fonte: Resultados da pesquisa

O consumo de macronutrientes para a produção de suínos foi superior aos demais, chegando a 223,6 mil toneladas de N, 70,9 mil toneladas de P e 242,1 mil toneladas de K em 2017, valores 244% e 150% maiores do que os consumos observados das demais proteínas. Entre 1987 e 2005 verifica-se crescimento do consumo de todos os macronutrientes, com taxas anuais de crescimento de 7,7%, 2,9% e 2,9% para N, P e K respectivamente. Entre 2006 e 2017 o consumo de macronutrientes apresentou taxas anuais de crescimento de -2,3%, -3,4% e -2,8%, mostrando inversão de tendência, mesmo com o crescimento da produção de carne suína em todo o período.

Figura 6 – Consumo de N, P e K para frangos, suínos e ovos de galinha



Fonte: Resultados da pesquisa

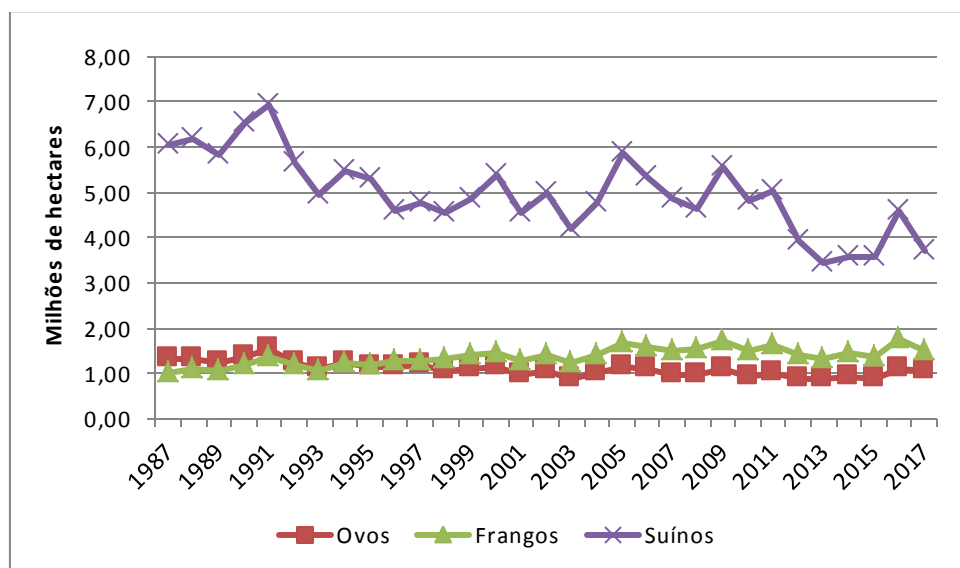
O principal fator que influencia a redução do consumo de macronutrientes na produção de suínos foi o aumento na eficiência do uso de fertilizantes na cultura do milho entre 2005 e 2017. Neste período, o consumo de fertilizantes apresentou crescimento de 58,1% para N, 50% para P e 54,9% para K, inferiores ao crescimento da produção e da produtividade do milho, de 178,8% e 84,8% respectivamente, resultando em maiores quantidades de milho produzidas com menores quantidades de fertilizantes consumidas a cada ano.

As produções de frangos e ovos de galinha apresentaram taxas de crescimento superiores as taxas de crescimento da produção e da produtividade do milho no período e por isso o consumo de macronutrientes cresceu para estes dois produtos.

4.3 Avaliação do uso de área agricultável

Verificou-se uma redução no uso de área agricultável nas produções de suínos e ovos de galinha e um crescimento do uso na produção de frangos entre 1987 e 2017 (Figura 7). Para a produção de suínos, o uso de área agricultável reduziu em 38,8%, passando de 6,0 para 3,7 milhões hectares, para a produção de ovos de galinhas a redução foi de 17,6%, de 1,3 para 1,1 milhão de hectares e para a produção de frangos o crescimento foi de 45,6%, de 1,1 para 1,5 milhões de hectares.

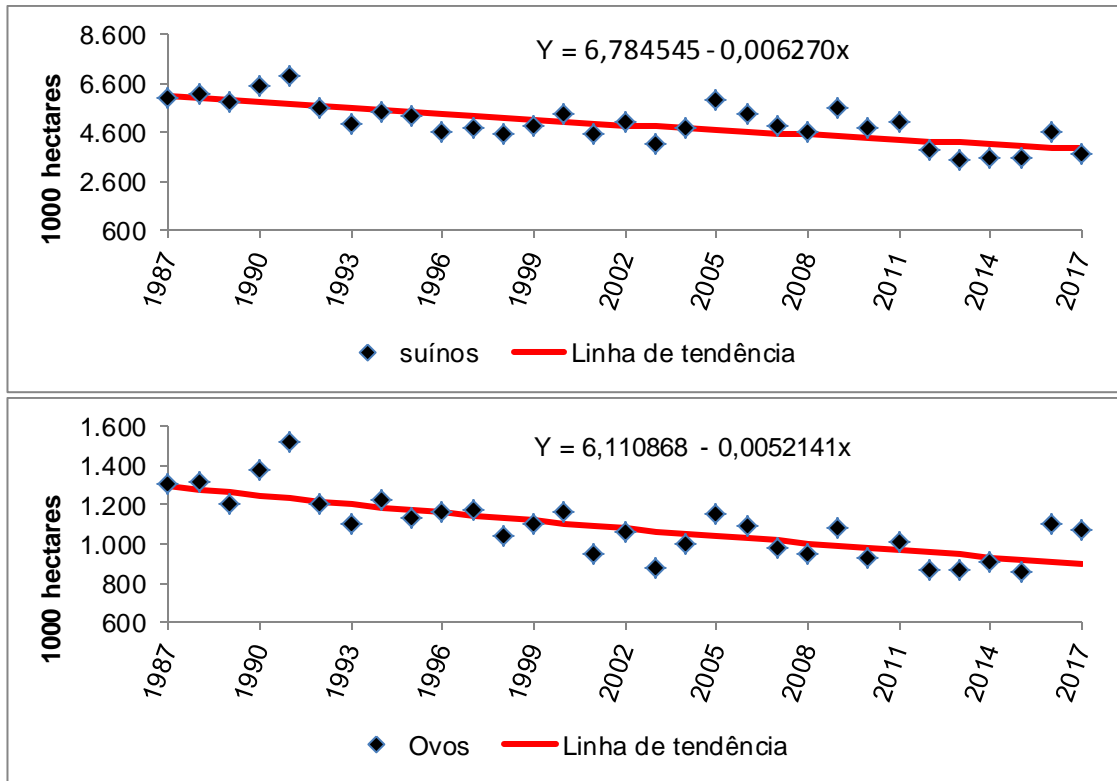
Figura 7 – Uso de área agricultável em ha



Fonte: Resultados da pesquisa

Esta queda na produção de suínos e ovos de galinha refletiram-se nas taxas anuais de crescimento do uso de área sendo -1,4% para suínos e -1,2% para ovos de galinha. Estes valores foram resultado da elevação da produtividade do milho entre 1987 e 2017, de 1984,3 kg . ha⁻¹ para 5618,3 kg . ha⁻¹, e taxa de crescimento anual de 3,7%, portanto maior quantidade de milho em menor área. Na Figura 8 pode-se verificar a tendência decrescente do uso de área agricultável para as produções de suínos e ovos de galinha.

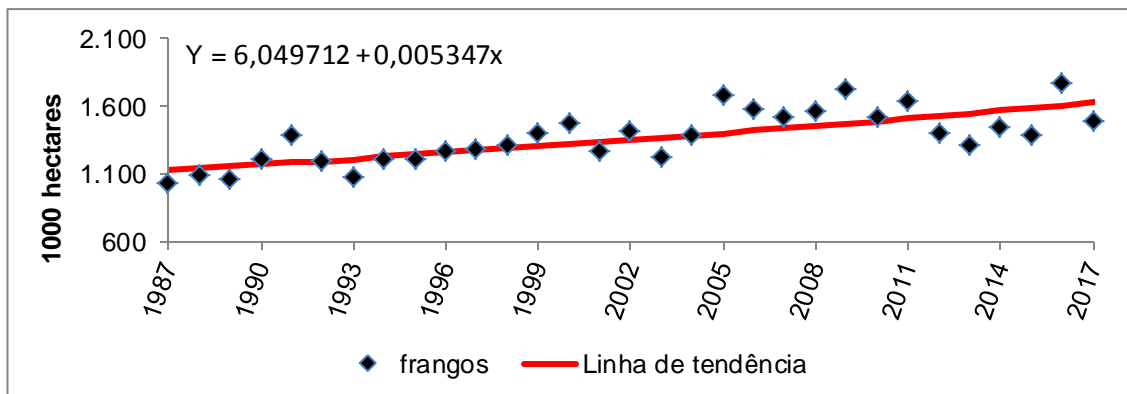
Figura 8 – Equação do uso de área agricultável para suínos e ovos de galinha



Fonte: Resultados da pesquisa

Na produção de frangos a taxa de crescimento da anual do uso de área foi positiva, de 1,2%, pois o crescimento da produção e da demanda de milho foram superiores à evolução da produtividade brasileira do milho no período. Na Figura 9 pode-se notar a tendência de crescimento dos valores do uso de área agricultável para a produção de frangos.

Figura 9 – Equação do uso de área agricultável da produção de frangos



Fonte: Resultados da pesquisa

Apesar da redução no uso de área para suínos e ovos de galinha, estes valores poderiam ser ainda menores, se a produtividade média anual do milho adotada nas avaliações fosse próxima do valor médio obtido por Oligini et al. (2019), de 10,756 ton . ha⁻¹ no estado do Paraná. Estes valores são muito superiores aos divulgados por FAO (2020) e adotados nesta pesquisa pela compatibilidade da metodologia de conversão em cereal equivalente com esta base de dados.

A Tabela 6 mostra uma redução expressiva no uso de área agricultável para cada unidade de carne de frango, ovos de galinha e suínos produzidos, o que indica maior eficiência no uso deste recurso. Os valores observados passaram de 10,53, 12,42 e 27,61 m² . kg⁻¹ para ovos de galinha, frangos e suínos em 1987, para 3,72, 4,39 e 9,75 m² . kg⁻¹ em 2017, uma redução de 65% na quantidade de área agricultável utilizada.

Tabela 6 – Uso de área agricultável por unidade de produto em m² . kg⁻¹

ANO	FRANGOS	SUINOS	OVOS
1987	12,42	27,61	10,53
1988	13,12	29,18	11,13
1989	11,97	26,62	10,15
1990	13,15	29,24	11,16
1991	13,63	30,29	11,56
1992	10,79	24,00	9,16
1993	9,73	21,63	8,25
1994	10,43	23,18	8,85
1995	9,48	21,07	8,04
1996	9,95	22,12	8,44
1997	9,39	20,89	7,97
1998	8,81	19,59	7,47
1999	8,87	19,73	7,53
2000	9,06	20,15	7,69
2001	7,24	16,10	6,14
2002	8,06	17,93	6,84
2003	6,61	14,70	5,61
2004	7,32	16,27	6,21
2005	8,10	18,02	6,87
2006	7,28	16,20	6,18
2007	6,51	14,47	5,52
2008	6,04	13,43	5,12
2009	6,63	14,75	5,63
2010	5,64	12,54	4,79
2011	5,85	13,01	4,96
2012	4,92	10,94	4,18
2013	4,69	10,43	3,98
2014	4,76	10,58	4,04
2015	4,45	9,90	3,78
2016	5,75	12,78	4,87
2017	4,39	9,75	3,72

Fonte: Resultados da pesquisa

Na literatura pode se encontrar trabalhos que avaliaram a eficiência do uso da área agricultável na produção de frangos, suínos e ovos de galinha com valores

próximos aos obtidos nesta pesquisa, mostrando que a aplicação da conversão em cereal equivalente milho na avaliação do uso de área agricultável pode gerar resultados similares aos obtidos em outras metodologias.

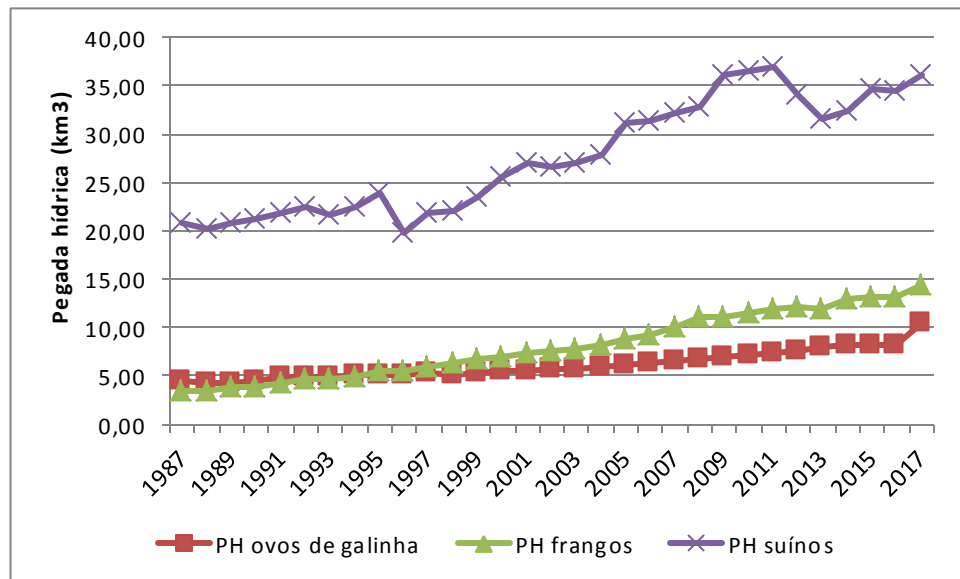
De Vries e de Boer (2010) em revisão de literatura sobre a aplicação do método de ciclo de vida na avaliação de impactos ambientais concluíram que a produção de carne suína demanda o uso de 8,9 a 12,1 m² para cada quilograma produzido e a produção de carne de frango, o uso de 8,1 a 9,9 m² para cada quilograma de carne. Tessari et al., (2016) também em revisão de literatura sobre o consumo de recursos naturais para a produção animal, encontraram os valores de 4,8 m² para produção de 1 kg de ovos de galinha, 11,5 m² para a produção de carne suína e 7,9 m² para a produção de carne de frangos.

Ali et al., (2017) avaliando a produção de suínos no estado de Minas Gerais, encontraram valores de uso de área entre 4,90 e 5,60 m² para cada quilograma de carne produzida. Silva et al., (2014) analisando a produção de frango de corte nas regiões oeste e sudoeste francesas e sul e centro-oeste brasileiras, encontraram valores do uso de área de 3,82 e 5,78 m² para cada quilograma de carne de frango produzida nas regiões francesas e de 3,60 e 3,55 para a produção nas regiões brasileiras. Os valores obtidos por Ali et al., (2017) são inferiores aos obtidos nesta pesquisa devido ao valor da produtividade do milho considerada pelos autores, de 6.130 ton . ha⁻¹, superior aos valores de todos os anos publicados por FAO (2020).

4.4 Avaliação do consumo de água

Pode-se verificar que houve crescimento do consumo de água em todos os produtos (Figura 10). O consumo anual de água aumentou 73% para a produção de suínos, de 20,88 km³ . ano⁻¹ para 36,20 km³ . ano⁻¹, 312% para a produção de frangos, de 3,52 km³ . ano⁻¹ para 14,49 km³ . ano⁻¹ e 133% para a produção de ovos de galinha, de 4,50 km³ . ano⁻¹ para 10,51 km³ . ano⁻¹ entre os anos de 1987 e 2017. Estes valores crescentes são resultado do aumento da produção destes produtos e do consumo de milho ao longo dos anos.

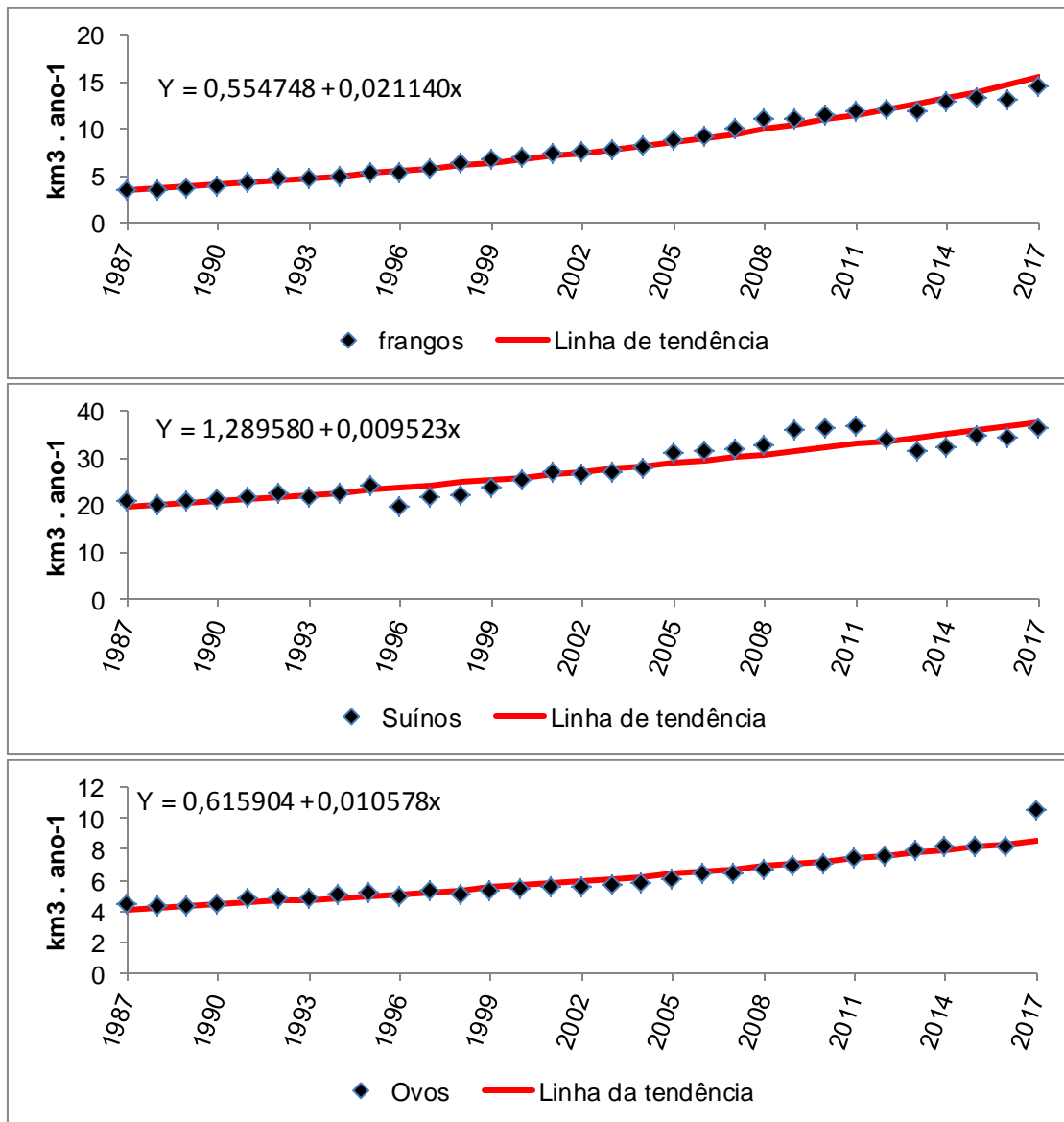
Figura 10 – Consumo de água para a produção de ovos de galinha, frangos e suínos



Fonte: Resultados da pesquisa

Quanto à taxa de crescimento do consumo de água, a produção de frango foi a que apresentou o maior valor, de 5,0%, seguida da produção de ovos de galinha com 2,5% e da produção de suínos com 2,2% a.a. Na Figura 11 pode-se verificar a tendência crescente do consumo de água em todos os produtos.

Figura 11 – Equação do consumo de água



Fonte: Resultados da pesquisa

Em relação a quantidade de produto produzido, o consumo de água da produção de suíno foi de $9.553,63 \text{ m}^3 \cdot \text{ton}^{-1}$ de carne produzida, seguida pela produção de frango que consumiu $4.297,22 \text{ m}^3 \cdot \text{ton}^{-1}$ e a produção de ovos de galinha com $3.644,96 \text{ m}^3 \cdot \text{ton}^{-1}$. Estes valores do consumo de água obtidos nesta pesquisa são próximos aos obtidos em outras pesquisas que avaliaram o consumo de água na produção destes produtos.

Mekonnen e Hoekstra (2010) encontraram valores para a pegada hídrica para a produção de proteína de origem animal no Brasil, em sistema industrial de produção,

de $8.924 \text{ m}^3 \cdot \text{ton}^{-1}$ para a produção de suínos, $3.960 \text{ m}^3 \cdot \text{ton}^{-1}$ para a produção de frangos e de $3.866 \text{ m}^3 \cdot \text{ton}^{-1}$ para a produção de ovos de galinha.

Hoekstra e Chapagain (2006) também avaliando a produção brasileira de proteína animal encontraram os valores de $4.818 \text{ m}^3 \cdot \text{ton}^{-1}$ para a produção de suínos, $3.913 \text{ m}^3 \cdot \text{ton}^{-1}$ para a produção de carne de frangos e $3.337 \text{ m}^3 \cdot \text{ton}^{-1}$ para a produção de ovos de galinha. Bhagat et al., (2019) avaliando pegadas hídricas de diferentes produtos de origem animal encontraram os valores globais de $6.000 \text{ m}^3 \cdot \text{ton}^{-1}$ para a produção de suínos e $4.300 \text{ m}^3 \cdot \text{ton}^{-1}$ para a produção de frangos.

Estes trabalhos apresentaram valores mais próximos aos obtidos para a produção de frangos e ovos de galinha do que para a produção de suínos devido a taxa de conversão alimentar na produção de suínos considerada nestes trabalhos, entre 4 e 6 kg de ração para cada kg de carne produzida, enquanto nesta pesquisa considerou-se 8,3 kg de ração para cada kg de carne.

Apesar do crescimento do consumo de água observado nos resultados, Mekonnen e Hoekstra (2010) afirmam que para a correta avaliação do consumo de água os valores devem ser classificados de acordo com a origem da água utilizada, sendo ela proveniente da chuva, de irrigação ou para tratamento dos poluentes gerados. Na Tabela 7 foram divididos os valores anuais das pegadas hídricas de cada produto nas componentes verde, azul e cinza. É possível verificar que a pegada hídrica verde é o principal destino da água consumida em todos os produtos, ou seja, a principal fonte da água consumida na produção animal é a água da chuva captada pelas raízes das plantas. A participação da pegada hídrica verde foi de 92,83% do valor total da pegada hídrica, corroborando com Conab (2020) que afirma que 90% da produção nacional de milho é produzida em regime de sequeiro.

Outro dado relevante é a baixa participação da pegada hídrica azul na água consumida nos produtos de origem animal, sendo responsável por apenas 1% do consumo total de água, o que mostra que a produção nacional de frangos, ovos de galinha e de suínos não dependeu da captação de água por meio de irrigação para a produção do milho consumido na ração dos animais.

Tabela 7 – Pegadas hídricas verde, azul e cinza anuais em km³

ANO	PEGADA HIDRICA VERDE			PEGADA HIDRICA AZUL			PEGADA HIDRICA CINZA		
	OVOS	FRANGOS	SUINOS	OVOS	FRANGOS	SUINOS	OVOS	FRANGOS	SUINOS
1987	4,18	3,26	19,38	0,003	0,002	0,012	0,32	0,25	1,48
1988	3,99	3,27	18,76	0,002	0,002	0,012	0,31	0,25	1,44
1989	4,02	3,51	19,42	0,002	0,002	0,012	0,31	0,27	1,49
1990	4,16	3,63	19,78	0,003	0,002	0,012	0,32	0,28	1,52
1991	4,45	4,04	20,29	0,003	0,002	0,013	0,34	0,31	1,55
1992	4,46	4,36	20,83	0,003	0,003	0,013	0,34	0,33	1,60
1993	4,51	4,39	20,17	0,003	0,003	0,012	0,35	0,34	1,54
1994	4,69	4,62	20,89	0,003	0,003	0,013	0,36	0,35	1,60
1995	4,79	5,06	22,29	0,003	0,003	0,014	0,37	0,39	1,71
1996	4,64	5,04	18,40	0,003	0,003	0,011	0,36	0,39	1,41
1997	4,96	5,42	20,23	0,003	0,003	0,012	0,38	0,42	1,55
1998	4,70	5,91	20,49	0,003	0,004	0,013	0,36	0,45	1,57
1999	4,96	6,23	21,87	0,003	0,004	0,014	0,38	0,48	1,68
2000	5,11	6,47	23,66	0,003	0,004	0,015	0,39	0,50	1,81
2001	5,21	6,91	25,01	0,003	0,004	0,015	0,40	0,53	1,92
2002	5,24	6,97	24,77	0,003	0,004	0,015	0,40	0,53	1,90
2003	5,32	7,31	25,15	0,003	0,005	0,016	0,41	0,56	1,93
2004	5,47	7,53	25,91	0,003	0,005	0,016	0,42	0,58	1,98
2005	5,67	8,20	28,96	0,004	0,005	0,018	0,43	0,63	2,22
2006	5,96	8,63	29,15	0,004	0,005	0,018	0,46	0,66	2,23
2007	6,02	9,25	29,80	0,004	0,006	0,018	0,46	0,71	2,28
2008	6,24	10,23	30,55	0,004	0,006	0,019	0,48	0,78	2,34
2009	6,50	10,32	33,48	0,004	0,006	0,021	0,50	0,79	2,56
2010	6,59	10,69	33,84	0,004	0,007	0,021	0,50	0,82	2,59
2011	6,89	11,05	34,34	0,004	0,007	0,021	0,53	0,85	2,63
2012	7,05	11,27	31,64	0,004	0,007	0,020	0,54	0,86	2,42
2013	7,35	11,12	29,28	0,005	0,007	0,018	0,56	0,85	2,24
2014	7,58	12,07	30,01	0,005	0,007	0,019	0,58	0,92	2,30
2015	7,65	12,31	32,10	0,005	0,008	0,020	0,59	0,94	2,46
2016	7,65	12,24	31,97	0,005	0,008	0,020	0,59	0,94	2,45
2017	9,75	13,45	33,60	0,006	0,008	0,021	0,75	1,03	2,57

Fonte: Resultados da pesquisa

Estes resultados são próximos aos obtidos por Palhares (2011), Scheneider e Carra (2016) e Mekonen e Hoekstra (2010), que obtiveram valores da participação da pegada hídrica verde no consumo total de água na produção frango, ovos de galinha e suínos entre 90% e 99% do consumo total de água, sendo que os trabalhos que obtiveram valores superiores aos observados nesta pesquisa não consideraram a água para tratamento de poluentes (pegada hídrica cinza).

Estes resultados divergem dos trabalhos de Ito et al., (2016) e Silva e Bassi (2012) que consideraram a água diretamente consumida pelos os animais como o maior fator de impacto na produção animal, não considerando o consumo deste recurso natural na produção de ração.

Os resultados do consumo de água medido em todos os produtos mostram um cenário positivo para a produção brasileira de frango, ovos de galinha e suínos quanto a disponibilidade de água para a produção do milho consumido na ração destes animais, pois o volume médio anual de chuvas no Brasil medido por FAO (2021) foi de $14.995 \text{ km}^3 \cdot \text{ano}^{-1}$ no período de 1985 a 2015, muito superior ao consumo anual da produção de proteína animal.

Os resultados obtidos nesta pesquisa indicam a aplicabilidade da conversão em cereal equivalente para a determinação do consumo de água para a produção de proteína de origem animal, sendo que o indicador de pegada hídrica aplicado sobre os valores de CE estipulados apresentaram resultados próximos aos de outros trabalhos.

5 CONCLUSOES

A partir dos resultados obtidos pode-se inferir que a metodologia de conversão em cereal equivalente possui aplicabilidade na avaliação da produção de carne frango, carne suína e ovos de galinha mesmo sendo aplicada apenas pela equivalência em milho. Outro aspecto importante foi possibilidade de avaliação das atividades através de dados secundários, facilitando a coleta de informações dada a sua disponibilidade em diferentes bases de dados de órgãos nacionais e internacionais, não necessitando da avaliação in loco.

Ressalta-se que para a mensuração completa do consumo dos recursos naturais os demais alimentos que compõem a ração animal devem ser considerados, principalmente a soja que representa quase 40% da ração animal. Outro ponto a ser avaliado em pesquisas futuras são os fatores de conversão alimentar adotados pelos autores do método, superiores aos encontrados em pesquisas nacionais que avaliaram os índices de conversão alimentar em frangos, galinhas poedeiras e suínos, indicando a necessidade de atualização destes valores.

Os resultados obtidos mostram melhoria da eficiência em todos os produtos de origem animal em relação ao consumo de recursos naturais no período, mesmo com o crescimento do consumo total de macronutrientes e de água, a quantidade utilizada destes recursos por unidade de produto de origem animal reduziu, evidenciando o aumento na eficiência no aproveitamento dos recursos naturais. Os resultados indicam uma elevada disponibilidade dos recursos naturais avaliados frente ao consumo medido para cada produto de origem animal, o que permite afirmar que, mesmo com um futuro crescimento da produção, há a disponibilidade de todos os recursos para atender a esta demanda.

Verificou-se a importância da produtividade do milho na redução do consumo de N, P e K, mesmo com os valores da produtividade utilizados nesta pesquisa consideravelmente inferiores aos obtidos em trabalhos recentes em diferentes localidades produtoras de milho no Brasil, os resultados mostram redução expressiva do uso de micronutrientes, ou seja, em regiões de maiores produtividades é possível que os resultados de consumo de macronutrientes seja ainda menores.

Os resultados mostraram que os usos de área nas produções de suínos e ovos de galinha apresentaram taxas anuais de crescimento negativas, ou seja, redução da área total utilizada para a produção de proteína animal e também mostraram a expressiva redução na quantidade de área utilizada por quilograma de todos os produtos de origem animal analisados.

Para o consumo de água, apesar de crescente em todos os produtos, verificou-se que o consumo é atendido basicamente pela água da chuva, sendo que a precipitação no país é superior à demanda de água destas atividades, indicando que no Brasil a disponibilidade de água não é um fator limitante à produção destas proteínas de origem animal.

Na literatura são encontradas diferentes metodologias de cálculo da pegada hídrica, com resultados variados em pesquisas que tiveram os mesmos objetos de estudo, indicando a necessidade da avaliação da aplicação da conversão em cereal equivalente combinada com outros indicadores do consumo de água para comparação dos resultados e uma conclusão mais precisa.

Dentre os produtos de origem animal, a produção de suínos foi a atividade que mais consumiu os recursos naturais avaliados. Contudo, para se avaliar o impacto destes resultados deve-se considerar outros fatores como o maior tempo de abate, o peso de abate superior, a conversão energética e a conversão metabólica de cada produção animal em relação a quantidade de milho consumida. Estes valores permitiriam a comparação da eficiência no uso dos recursos naturais em espécies diferentes, contudo não foram o foco desta avaliação, sendo aqui indicadas para trabalhos futuros. Já a produção de frangos apresentou as maiores taxas anuais de crescimento em todos os recursos naturais, o que mostra a crescente participação desta atividade no consumo dos recursos naturais.

As avaliações realizadas tiveram como fonte de informação os valores nacionais das produções de cada produto, da produção e produtividade do milho e dos outros parâmetros avaliados, juntamente com a disponibilidade de recursos também a nível nacional, sendo sugerido para pesquisas futuras que essas avaliações sejam realizadas em unidades menores como regiões, estados e municípios, pois em determinados locais a situação pode ser diferente da observada na análise macroscópica desta pesquisa.

A partir dos resultados obtidos pode-se concluir que o uso da metodologia de conversão em cereal equivalente na avaliação do consumo de recursos naturais na produção brasileira de frangos, suínos e ovos de galinha foi eficiente para determinar o consumo dos macronutrientes nitrogênio, fósforo e potássio, o consumo de água e o uso de área agricultável.

Dada a falta de métodos de fácil aplicação e de pesquisas com foco na avaliação do consumo de recursos naturais para a produção de frangos, suínos e ovos de galinha, esta pesquisa contribui para preencher uma lacuna no conhecimento, sendo um trabalho base para o desenvolvimento de futuras pesquisas a partir da metodologia aqui aplicada.

REFERÊNCIAS

- ABPA – Associação brasileira de proteína animal. **Relatório anual 2020**. 2020
- ABPA – Associação brasileira de proteína animal. **Relatório anual 2021**. 2021
- ALI, B. M. et al. Environmental and economic impacts of using co-products in the diets of finishing pigs in Brazil. **Journal Of Cleaner Production**, v. 162, 2017
- ANDA – Associação nacional para difusão de adubos. **Principais indicadores do setor de fertilizantes**. 2020
- ARRIETA, E.M.; GONZÁLEZ, A.D. Energy and carbon footprints of chicken and pork from intensive production systems in Argentina. **Science of The Total Environment**, v. 673, p. 20-28, jul. 2019
- BAGHAT, S. et al. The water footprint of livestock production system and livestock products: A dark area: A review. **International Journal of Fauna and Biological Studies**, v. 7, n. 1, 2019
- BOLTON, B. Value Creation Through a Circular Economy. **Corporate Social Responsibility, Ethics And Sustainable Prosperity**, 2019
- BRASIL – Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos - safra 2020/21**, Brasília, 2021
- BRUGNARA, E. C.; NESI, C. N.; VERONA, L. A. F. Cama de aviário e composto de dejetos suínos em substratos para mudas de maracujazeiro-amarelo. **Científica**, v. 42, n. 3, 2014
- CARRA, S.H.Z. et al. The Effect of Best Crop Practices in the Pig and Poultry Production on Water Productivity in a Southern Brazilian Watershed. **Water**, v. 12, n. 11, p. 3014, out. 2020
- CHERUBINI, E. et al. Life cycle assessment of swine production in Brazil: a comparison of four manure management systems. **Journal of Cleaner Production**, v. 87, p. 68-77, jan. 2015
- CLAUDINO, E. S.; TALAMANI, E. Análise do ciclo de vida (ACV) aplicada ao agronegócio - uma revisão de literatura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 1, 2012
- CONNELLY, L.; KOSHLAND, C. P. Exergy and industrial ecology – Part 1: Na exergy – based definition of consumption and a thermodynamic interpretation of ecosystem evolution. **Exergy, an International Journal**, v.1, n. 3, 2001
- CORDEIRO, A. F. S.; NAAS, I. A.; GARCIA, A.; DUARTE, G. T. Pegada ecológica e perfil do consumidor da carne de frango. **Revista agrarian**, v. 12, n. 43, 2019
- De VRIES, M.; de BOER, I. J. M. Comparing environmental impacts for livestock products: a review of life cycle assessments. **Livestock Science**, v. 128, n. 1-3, 2010

DEMETINO, A.G.; MACENO, M.M.C. Análise do ciclo de vida da soja considerando perdas no processo. **Revista técnico-científica do CREA-PR**, set. 2017

DG Environment – diretoria geral de meio ambiente da União Europeia. **Analysis of selected concepts on resource management**. 2002

DICK, M.; SILVA, M.A.; DEWES, H. Life cycle assessment of beef cattle production in two typical grassland systems of southern Brazil. **Journal of Cleaner Production**, v. 96, p. 426-434, jun. 2015.

DRASTING, K. *et al.* Farm water productivity in broiler production: case studies in Brazil. **Journal of Cleaner Production**, v. 135, p. 9-19, nov. 2016

DUTRA, R. S.; GAMARANO, C. G.; GOMES, A. A. F. Análise do ciclo de vida dos produtos – um estudo bibliométrico de suas vantagens e desvantagens e limitações no período de 2000 a 2015. **XXXVI Encontro nacional de engenharia de produção**, João Pessoa, Paraíba, de 03 a 06 de Outubro de 2016

EMBRAPA - Empresa brasileira de pesquisa agropecuária. **Estatísticas, desempenho da produção**. Disponível em: < <https://www.embrapa.br/suinos-e-aves/cias/estatisticas> > Acesso em: 07 de Dezembro de 2020

EMBRAPA - Empresa brasileira de pesquisa agropecuária. **Estatísticas, desempenho da produção**. Disponível em: < <https://www.embrapa.br/suinos-e-aves/cias/estatisticas> > Acesso em: 15 de Outubro de 2021

FANG, K.; HEIJUNGS, R.; SNOO, G. R. Theoretical exploration for the combination of the ecological, energy, carbon, and water footprints: Overview of a footprint Family. **Ecological indicators**, n. 36, 2014

FAO – Food and Agriculture Organization. **FAOSTAT - Food and agriculture data**. Disponível em: < <http://www.fao.org/faostat/en/#data> > Acesso em: 05 de Novembro de 2020

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. **FAOSTAT DATA**. Disponível em: < <https://www.fao.org/faostat/en/#data> >. Acesso em 15 de Outubro de 2021.

FIESP – Federação das indústrias do estado de São Paulo. **Outlook FIESP, projeções para o agronegócio brasileiro 2029**. 2021

FUKASE, E.; MARTIN, W. Who will feed China in the 21st Century? Income growth and food demand and supply in China. **Policy research working paper**. 2016

FUKASE, E.; MARTIN, W. Economic growth, convergence, and world food demand and supply. **World Development**, v. 132, p. 104954, ago. 2020

GAUDREAU, K.; FRASER, R. A.; MURPHY, S. The tenuous use of exergy as a measure of resource value or waste impact. **Sustainability**, n. 1, 2009

GEBERNS-LEENS, P.W.; NONHEBEL, S. Consumption patterns and their effects on land for food. **Ecological economics**. v. 42, p. 185-199, 2002

GÖBLING-REISEMANN, S. What is resource consumption and how can it be measure?. **Journal of industrial ecology**. v. 12, n. 1, 2008

GUZMÁN-LUNA, P.; GERBENS-LEENES, P.W.; VACA-JIMÉNEZ, S.D. The water, energy, and land footprint of tilapia aquaculture in México, a comparison of the footprints of fish and meat. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 165, p. 105224, fev. 2021

HOANG, V.; RAO, D. S. P. Measuring and decomposing sustainable efficiency in agricultural production: a cumulative exergy balance approach. **Ecological Economics**, n. 69, 2010

HOEKSTRA, A. Y.; CHAPAGAIN, A. K. Water footprints of nations: water use by people as a function of their consumption pattern. **Water Resources Management**, v. 21, n. 1, 2006

HOFFMANN, R. et al. Administração da empresa agrícola. 4. ed. São Paulo: Pioneira, 1984.

IAC – Instituto Agronômico de Campinas. **Fertilizantes: cálculo de fórmulas comerciais**. Boletim técnico 208, Campinas, 2011

ITO, M.; GUIMARAES, D.; AMARAL, G. Impactos ambientais da suinocultura: desafios e oportunidades. **Agroindústria**, 2016

LANA, R. P. Uso racional de recursos naturais não-renováveis: aspectos biológicos, econômicos e ambientais. **Revista brasileira de zootecnia**. v. 38, p. 330-340, 2009

LEAL, P. M.; CORTEZ, L. A. B.; NEBRA, S. A. Avaliação exergética de processos psicrométricos. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.4, n.3, 2000

LEINONEN, I. et al. Predicting the environmental impacts of chicken system in the United Kingdom through a life cycle assessment: broiler production systems. **Poultry Science**, n. 91, 2012

LIMA, N.D.S. et al. Environmental impact of Brazilian broiler production process: evaluation using life cycle assessment. **Journal of Cleaner Production**, v. 237, p. 117752, nov. 2019

LOPES, T.A.S. et al. Revisão crítica da literatura sobre aplicação da Avaliação de Ciclo de Vida ao tratamento de esgotos. **Revista Dae**, v. 65, n. 208, p. 47-55, 2016

LUKAS, M. et al. The nutritional footprint – integrated methodology using environmental and health indicators to indicate potential for absolute reduction of natural resource use in the field of food and nutrition. **Journal of cleaner production**, v. 132, 2016

MARSILY, G.; ABARCA-DEL-RIO, R. Water and food in twenty-first century. **Surv Geophys**, v. 37, p. 503-527, 2016

MARTINELLI, G. et al. Assessing the eco-efficiency of different poultry production systems: an approach using life cycle assessment and economic value added. **Sustainable Production And Consumption**, v. 24, p. 181-193, out. 2020

MEDEIROS, L.M.; DURANTE, L.C.; CALLEJAS, I.J.A. Contribuição para a avaliação de ciclo de vida na quantificação de impactos ambientais de sistemas construtivos. **Ambiente Construído**, v. 18, n. 2, p. 365-385, abr. 2018

MEKONNEN, M. ; HOEKSTRA, A. Y. **The green, blue and grey water footprint of farm animals and animal products**. 2010

MISRA, S. *et al.* Effect of different cleaning procedures on water use and bacterial levels in weaner pig pens. **Plos One**, v. 15, n. 11, nov. 2020

MONTEIRO, A.N.T.R.; DOURMAD, J.; POZZA, P.C. Life cycle assessment as a tool to evaluate the impact of reducing crude protein in pig diets. **Ciência Rural**, v. 47, n. 6, mar. 2017

NETO, A. A. O.; JACOBINA, A. C.; GIROTTO, A. F. O consumo de milho na produção de aves, suínos e leite. **Revista de política agrícola**, n. 1, 2008

OLIGINI, K. F. *et al.* Produtividade de milho consorciado com espécies forrageiras no sudoeste do Paraná. **Revista Agrarian**, v. 12, n. 46, 2019

PACHECO, J.C.; NETO, J.M.M.; SILVA, E.A. Impactos ambientais e formulação de ração para frango de corte. **Revista Latino-Americana em avaliação do ciclo de vida**, n. 2, p. 97-109, 2018

PALHARES, J.C.P. Pegada hídrica dos suínos abatidos nos Estados da Região Centro-Sul do Brasil. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 33, n. 3, p. 309-314, jun. 2011

PALHARES, J. C. P. Pegada hídrica de suínos e o impacto de estratégias nutricionais. **Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental**, v. 18, n. 5, 2014

PASSUELO, A.C.B. *et al.* Aplicação da Avaliação do Ciclo de Vida na análise de impactos ambientais de materiais de construção inovadores: estudo de caso da pegada de carbono de clínqueres alternativos. **Ambiente Construído**, v. 14, n. 4, p. 7-20, dez. 2014

PAYANDEH, Z. *et al.* Joint data envelopment analysis and life cycle assessment for environmental impact reduction in broiler production systems. **Energy**, v. 127, p. 768-774, mai 2017

PROETTI, S. As pesquisas qualitativa e quantitativa como métodos de investigação científica: um estudo comparativo e objetivo. **Revista Lumen**, v. 2, n. 4, 2017

RASK, K.; RASK, N. Measuring Food Consumption and Production According to Resource Intensity: The Methodology Behind the Cereal Equivalent Approach. **Economics Department Working Papers**. 2014

RASK, K.; RASK, N. The impact of regime type on food consumption in low income countries. **Comparative Economic Studies**. v. 59, p. 107-125. 2017

RITCHIE, H.; ROSER, M. **Energy. Our world in data**. 2019

ROHAN, U.; BRANCO, R. R.; SOARES, C. A. P. Potentialities and limitations of sustainability measurement instruments. **Engenharia sanitária e ambiental**, v. 23, n. 5, 2018

ROSAS, F. Fertilizer Use by Crop at the Country Level (1990–2010). **Working Papers**, 2012

SALVO, G. et al. Estimating the human appropriation of land in Brazil by means of an Input–Output Economic Model and Ecological Footprint analysis. **Ecological Indicators**, n. 53, 2015

SCHIPANSKI, M.E.; BENNETT, E.M. The Influence of Agricultural Trade and Livestock Production on the Global Phosphorus Cycle. **Ecosystems**, v. 15, n. 2, p. 256-268, nov. 2012

SCHNEIDER, V.E.; CARRA, S.H.Z. Pegada hídrica dos suínos abatidos na região do Corede Serra, RS, Brasil. **Ambiente e Agua - An Interdisciplinary Journal Of Applied Science**, v. 11, n. 1, p. 1-2, jan. 2016

SEO, E.S.M.; KULAY, L.A. Avaliação do ciclo de vida: ferramenta gerencial para a tomada de decisão. **InterfacEHS**, v. 1, n. 1, 2006

SILVA, A. et al. Fertilização com dejetos suínos: influência nas características bromatológicas da *Brachiaria decumbens* e alterações no solo. **Artigos Científicos**, v.35, n.2, 2015

SILVA, C. L.; BASSI, N. S. S. Análise dos Impactos Ambientais no Oeste Catarinense e das Tecnologias Desenvolvidas pela Embrapa Suínos e Aves. **Informe GEPEC**, v. 16, n. 1, 2012

SILVA, C.R.R. LEISMANN, E.L. Análise da percepção dos envolvidos sobre a sustentabilidade ambiental da soja no oeste do paraná. **Revista Competitividade e Sustentabilidade**, v. 3, n. 1, p. 1-10, 2016.

SILVA, V. P. et al. Environmental impacts of French and Brazilian broiler chicken production scenarios: An LCA approach. **Journal of environmental management**, n. 133, 2014

SINDIRAÇÕES. **Boletim informativo do setor**. 2020

SINGH, P. *et al.* Sustainable utilization of Aloe vera waste in the diet of lactating cows for improvement of milk production performance and reduction of carbon footprint. **Journal of Cleaner Production**, v. 288, p. 125118, mar. 2021

SPORCHIA, F.; KEBREAB, E.; CARO, D. Assessing the multiple resource use associated with pig feed consumption in the European Union. **Science of the Total Environment**, n. 759, 2021

TAEELMAN, S. E. et al. Environmental sustainability analysis of a protein-rich livestock feed ingredient in The Netherlands: Microalgae production versus soybean import. **Resources, Conservation and Recycling**, n. 101, 2015

TESSARI, P.; LANTE, A.; MOSCA, G. Essential amino acids: master regulators of nutrition and environmental footprint?. **Scientific Reports**, v. 6, n. 1, 2016

TRAMBEREND, S. et al. Our Common Cropland: quantifying global agricultural land use from a consumption perspective. **Ecological Economics**, v. 157, 2019

TSATSARONIS, G. Definitions and nomenclature in exergy analysis and exergoeconomics. **Energy**. n. 32, 2007

XIN, H. *et al.* Environmental impacts and sustainability of egg production systems. **Poultry Science**, v. 90, n. 1, p. 263-277, jan. 2011

ZHANG, B. et al. Exergy analysis of Chinese agriculture. **Ecological Indicators**, n. 105, 2019

ZHEN, Lin. *Et al.* Arable land requirements based on food consumption patterns: case study in rural Guyuan district, western china. **Ecological Economics**, v. 69, n. 7, p. 1443-1453, mai 2010

ANEXO A

Tabela 8 – Total consumido anualmente em cereal equivalente (CE) em toneladas

ANO	FRANGOS	SUÍNOS	OVOS	TOTAL
1987	3599792	18140129	4693559	26433479
1988	3605114	17557324	4477764	25640202
1989	3875847	18177706	4511596	26565148
1990	4008099	18515451	4675524	27199074
1991	4454691	18987518	4997072	28439282
1992	4805647	19498431	5013910	29317988
1993	4842583	18875692	5066377	28784652
1994	5091463	19549381	5261575	29902419
1995	5575934	20856724	5378330	31810988
1996	5556722	17220051	5215774	27992547
1997	5981639	18928423	5572613	30482674
1998	6519890	19176413	5280248	30976551
1999	6873146	20469250	5574600	32916997
2000	7134961	22146424	5735963	35017347
2001	7618504	23408175	5848743	36875422
2002	7688330	23176826	5880500	36745656
2003	8061604	23532502	5970378	37564484
2004	8309602	24250682	6140542	38700825
2005	9047282	27099198	6364730	42511210
2006	9521918	27283972	6689292	43495182
2007	10203990	27885391	6760922	44850303
2008	11278094	28588972	7009746	46876812
2009	11381122	31333259	7303171	50017551
2010	11791606	31671290	7402400	50865297
2011	12192965	32138898	7738829	52070693
2012	12428842	29612457	7918440	49959739
2013	12267975	27406249	8251700	47925924
2014	13311289	28087857	8514094	49913240
2015	13572720	30044033	8591572	52208326
2016	13502987	29918876	8586567	52008431
2017	14838752	31446411	10954298	57239461

Fonte: Resultados da pesquisa

ANEXO B

Tabela 9 – Total de milho consumido anualmente em toneladas

ANO	FRANGO	SUÍNO	OVOS
1987	2015883	11972485	2581457
1988	2018864	11587834	2462770
1989	2170474	11997286	2481378
1990	2244536	12220197	2571538
1991	2494627	12531762	2748390
1992	2691162	12868965	2757651
1993	2711847	12457957	2786507
1994	2851219	12902592	2893866
1995	3122523	13765438	2958082
1996	3111764	11365234	2868675
1997	3349718	12492759	3064937
1998	3651139	12656432	2904137
1999	3848962	13509705	3066030
2000	3995578	14616640	3154780
2001	4266362	15449395	3216809
2002	4305465	15296705	3234275
2003	4514498	15531451	3283708
2004	4653377	16005450	3377298
2005	5066478	17885470	3500602
2006	5332274	18007421	3679111
2007	5714234	18404358	3718507
2008	6315732	18868722	3855360
2009	6373428	20679951	4016744
2010	6603300	20903052	4071320
2011	6828060	21211673	4256356
2012	6960151	19544222	4355142
2013	6870066	18088124	4538435
2014	7454322	18537986	4682752
2015	7600723	19829062	4725365
2016	7561673	19746458	4722612
2017	8309701	20754632	6024864

Fonte: Dados da pesquisa

ANEXO C

Tabela 10 – Valores calculados e valores obtidos na regressão linear para a produção de ovos de galinha

ANO	CE OVOS	CE OVOS REGRESSÃO
1987	2581457	2367870
1988	2462770	2426254
1989	2481378	2486078
1990	2571538	2547377
1991	2748390	2610188
1992	2757651	2674547
1993	2786507	2740493
1994	2893866	2808065
1995	2958082	2877303
1996	2868675	2948249
1997	3064937	3020943
1998	2904137	3095430
1999	3066030	3171754
2000	3154780	3249960
2001	3216809	3330094
2002	3234275	3412204
2003	3283708	3496338
2004	3377298	3582547
2005	3500602	3670882
2006	3679111	3761394
2007	3718507	3854139
2008	3855360	3949170
2009	4016744	4046544
2010	4071320	4146319
2011	4256356	4248555
2012	4355142	4353311
2013	4538435	4460650
2014	4682752	4570636
2015	4725365	4683334
2016	4722612	4798811
2017	6024864	4917134

Fonte: Dados da pesquisa

ANEXO D

Tabela 11 – Valores calculados e valores obtidos na regressão linear para a produção de frangos

ANO	CE FRANGOS	CE FRANGOS REGRESSAO
1987	2015883	2056845
1988	2018864	2159442
1989	2170474	2267156
1990	2244536	2380243
1991	2494627	2498971
1992	2691162	2623621
1993	2711847	2754488
1994	2851219	2891884
1995	3122523	3036133
1996	3111764	3187577
1997	3349718	3346575
1998	3651139	3513504
1999	3848962	3688759
2000	3995578	3872757
2001	4266362	4065932
2002	4305465	4268743
2003	4514498	4481670
2004	4653377	4705218
2005	5066478	4939917
2006	5332274	5186323
2007	5714234	5445020
2008	6315732	5716621
2009	6373428	6001769
2010	6603300	6301141
2011	6828060	6615445
2012	6960151	6945427
2013	6870066	7291869
2014	7454322	7655592
2015	7600723	8037457
2016	7561673	8438370
2017	8309701	8859280

Fonte: Dados da pesquisa

ANEXO E

Tabela 12 – Valores calculados e valores obtidos na regressão linear para a produção de suíno

ANO	CE SUÍNOS	CE SUÍNOS REGRESSÃO
1987	11972485	11169505
1988	11587834	11417125
1989	11997286	11670236
1990	12220197	11928957
1991	12531762	12193414
1992	12868965	12463734
1993	12457957	12740047
1994	12902592	13022486
1995	13765438	13311186
1996	11365234	13606286
1997	12492759	13907929
1998	12656432	14216258
1999	13509705	14531423
2000	14616640	14853576
2001	15449395	15182870
2002	15296705	15519464
2003	15531451	15863520
2004	16005450	16215204
2005	17885470	16574685
2006	18007421	16942135
2007	18404358	17317731
2008	18868722	17701653
2009	20679951	18094087
2010	20903052	18495222
2011	21211673	18905249
2012	19544222	19324366
2013	18088124	19752774
2014	18537986	20190680
2015	19829062	20638294
2016	19746458	21095832
2017	20754632	21563513

Fonte: Dados da pesquisa

ANEXO F

Tabela 13 – Consumo de fertilizante nitrogenado em toneladas

ANO	FRANGOS	SUINOS	OVOS	TOTAL
1987	12.596	74.807	16.129	103.532
1988	16.066	92.217	19.599	127.882
1989	18.492	102.215	21.141	141.849
1990	24.035	130.856	27.536	182.427
1991	24.438	122.763	26.924	174.125
1992	21.340	102.046	21.867	145.254
1993	32.443	149.041	33.336	214.820
1994	35.936	162.621	36.474	235.031
1995	30.304	133.595	28.708	192.608
1996	53.124	194.026	48.974	296.124
1997	43.095	160.724	39.432	243.252
1998	58.563	203.005	46.581	308.149
1999	58.443	205.132	46.555	310.130
2000	83.259	304.579	65.739	453.577
2001	59.709	216.218	45.020	320.947
2002	74.275	263.890	55.796	393.961
2003	75.995	261.448	55.276	392.718
2004	85.326	293.480	61.927	440.733
2005	96.305	339.971	66.540	502.815
2006	84.409	285.053	58.239	427.701
2007	93.814	302.156	61.049	457.019
2008	88.236	263.613	53.863	405.712
2009	83.520	271.000	52.637	407.158
2010	86.765	274.660	53.496	414.921
2011	107.637	334.379	67.097	509.113
2012	88.823	249.418	55.579	393.820
2013	80.158	211.047	52.953	344.158
2014	90.161	224.220	56.639	371.020
2015	88.747	231.526	55.174	375.447
2016	120.783	315.410	75.434	511.627
2017	89.533	223.621	64.915	378.070

Fonte: Dados da pesquisa

ANEXO G

Tabela 14 – Consumo de fertilizante fosfatado em toneladas

ANO	FRANGOS	SUINOS	OVOS	TOTAL
1987	26.915	159.853	34.467	221.235
1988	30.282	173.811	36.940	241.032
1989	31.410	173.619	35.909	240.938
1990	32.725	178.169	37.493	248.387
1991	34.883	175.234	38.431	248.548
1992	29.801	142.507	30.537	202.846
1993	40.550	186.283	41.666	268.500
1994	47.313	214.103	48.020	309.436
1995	36.192	159.550	34.286	230.027
1996	62.043	226.601	57.196	345.840
1997	46.389	173.008	42.445	261.842
1998	62.267	215.843	49.527	327.637
1999	55.250	193.926	44.012	293.188
2000	80.053	292.849	63.207	436.108
2001	61.865	224.027	46.646	332.538
2002	77.041	273.716	57.873	408.630
2003	65.610	225.721	47.723	339.053
2004	76.976	264.763	55.867	397.607
2005	73.548	259.636	50.817	384.001
2006	81.081	273.815	55.943	410.840
2007	80.243	258.447	52.218	390.909
2008	63.234	188.916	38.600	290.750
2009	65.164	211.440	41.069	317.673
2010	62.132	196.681	38.308	297.120
2011	83.833	260.432	52.258	396.523
2012	68.253	191.655	42.707	302.615
2013	60.810	160.106	40.172	261.088
2014	67.571	168.041	42.448	278.059
2015	65.744	171.517	40.873	278.134
2016	88.494	231.091	55.268	374.853
2017	64.910	162.123	47.063	274.096

Fonte: Dados da pesquisa

ANEXO H

Tabela 15 – Consumo de fertilizante potássico em toneladas

ANO	FRANGOS	SUINOS	OVOS	TOTAL
1987	19.379	115.094	24.816	159.290
1988	22.519	129.253	27.470	179.243
1989	24.048	132.926	27.493	184.467
1990	26.572	144.670	30.443	201.685
1991	27.497	138.132	30.294	195.923
1992	24.175	115.602	24.772	164.548
1993	34.900	160.329	35.861	231.091
1994	37.657	170.410	38.221	246.288
1995	32.773	144.480	31.048	208.301
1996	57.295	209.260	52.819	319.373
1997	42.102	157.020	38.523	237.644
1998	52.622	182.412	41.856	276.891
1999	47.214	165.720	37.610	250.545
2000	71.757	262.501	56.657	390.915
2001	57.795	209.288	43.577	310.660
2002	69.610	247.315	52.291	369.216
2003	70.324	241.940	51.152	363.416
2004	73.427	252.554	53.291	379.273
2005	75.804	267.600	52.376	395.780
2006	72.222	243.899	49.831	365.953
2007	84.693	272.777	55.113	412.583
2008	71.731	214.303	43.788	329.822
2009	57.997	188.184	36.552	282.733
2010	66.439	210.316	40.964	317.719
2011	86.200	267.785	53.734	407.720
2012	70.630	198.330	44.195	313.154
2013	63.313	166.697	41.825	271.836
2014	70.765	175.984	44.454	291.202
2015	69.238	180.632	43.045	292.915
2016	93.698	244.681	58.519	396.897
2017	69.082	172.542	50.087	291.712

Fonte: Dados da pesquisa

ANEXO I

Tabela 16 – Consumo de fertilizante nitrogenado por tonelada de produto animal em kg . ton⁻¹

ANO	FRANGOS	SUINOS	OVOS
1987	15,40	34,23	13,06
1988	19,61	43,59	16,63
1989	20,99	46,67	17,81
1990	26,38	58,66	22,38
1991	24,14	53,66	20,47
1992	19,54	43,44	16,57
1993	29,48	65,54	25,00
1994	31,06	69,04	26,34
1995	23,91	53,16	20,28
1996	42,07	93,52	35,68
1997	31,70	70,48	26,89
1998	39,52	87,87	33,52
1999	37,41	83,18	31,73
2000	51,34	114,15	43,55
2001	34,48	76,67	29,25
2002	42,51	94,50	36,06
2003	41,48	92,21	35,18
2004	45,18	100,45	38,32
2005	46,84	104,13	39,73
2006	39,00	86,72	33,08
2007	40,45	89,94	34,31
2008	34,42	76,53	29,20
2009	32,29	71,79	27,39
2010	32,38	71,98	27,46
2011	38,84	86,35	32,95
2012	31,44	69,91	26,67
2013	28,75	63,92	24,39
2014	29,80	66,26	25,28
2015	28,77	63,96	24,40
2016	39,36	87,50	33,38
2017	26,55	59,02	22,52

Fonte: Dados da pesquisa

ANEXO J

Tabela 17 – Consumo de fertilizante fosfatado por tonelada de produto animal em kg . ton⁻¹

ANO	FRANGOS	SUÍNOS	OVOS
1987	32,90	73,14	27,90
1988	36,96	82,17	31,35
1989	35,66	79,27	30,25
1990	35,92	79,87	30,47
1991	34,45	76,60	29,22
1992	27,29	60,66	23,14
1993	36,84	81,91	31,25
1994	40,89	90,90	34,68
1995	28,56	63,49	24,22
1996	49,13	109,22	41,67
1997	34,12	75,86	28,94
1998	42,02	93,42	35,64
1999	35,37	78,63	30,00
2000	49,37	109,75	41,87
2001	35,73	79,43	30,31
2002	44,09	98,02	37,40
2003	35,81	79,61	30,37
2004	40,76	90,62	34,57
2005	35,77	79,52	30,34
2006	37,47	83,30	31,78
2007	34,60	76,93	29,35
2008	24,67	54,85	20,93
2009	25,19	56,01	21,37
2010	23,18	51,54	19,67
2011	30,25	67,26	25,66
2012	24,16	53,72	20,50
2013	21,81	48,49	18,50
2014	22,34	49,66	18,95
2015	21,31	47,38	18,08
2016	28,84	64,11	24,46
2017	19,25	42,79	16,33

Fonte: Dados da pesquisa

ANEXO K

Tabela 18 – Consumo de fertilizante fosfatado por tonelada de produto animal em kg . ton⁻¹

ANO	FRANGOS	SUÍNOS	OVOS
1987	23,69	52,66	20,09
1988	27,48	61,10	23,31
1989	27,30	60,69	23,16
1990	29,17	64,85	24,74
1991	27,16	60,38	23,04
1992	22,13	49,21	18,77
1993	31,71	70,50	26,90
1994	32,54	72,35	27,60
1995	25,86	57,50	21,94
1996	45,37	100,86	38,48
1997	30,97	68,85	26,27
1998	35,51	78,95	30,12
1999	30,23	67,20	25,64
2000	44,25	98,38	37,53
2001	33,38	74,21	28,31
2002	39,84	88,57	33,79
2003	38,38	85,33	32,56
2004	38,88	86,44	32,98
2005	36,87	81,96	31,27
2006	33,37	74,20	28,31
2007	36,52	81,19	30,98
2008	27,99	62,22	23,74
2009	22,42	49,85	19,02
2010	24,79	55,12	21,03
2011	31,11	69,16	26,39
2012	25,00	55,59	21,21
2013	22,71	50,48	19,26
2014	23,39	52,00	19,84
2015	22,45	49,90	19,04
2016	30,53	67,88	25,90
2017	20,48	45,54	17,38

Fonte: Dados da pesquisa

ANEXO L

Tabela 19 – Consumo de fertilizante nitrogenado calculado e obtido por regressão linear

ANO	CONSUMO DE NITROGÊNIO	CONSUMO DE NITROGÊNIO REGRESSÃO
1987	103.532	161.728
1988	127.882	168.585
1989	141.849	175.733
1990	182.427	183.184
1991	174.125	190.950
1992	145.254	199.046
1993	214.820	207.486
1994	235.031	216.283
1995	192.608	225.453
1996	296.124	235.012
1997	243.252	244.976
1998	308.149	255.362
1999	310.130	266.189
2000	453.577	277.475
2001	320.947	289.240
2002	393.961	301.503
2003	392.718	314.287
2004	440.733	327.612
2005	502.815	341.502
2006	427.701	355.982
2007	457.019	371.075
2008	405.712	386.808
2009	407.158	403.208
2010	414.921	420.303
2011	509.113	438.123
2012	393.820	456.699
2013	344.158	476.063
2014	371.020	496.247
2015	375.447	517.287
2016	511.627	539.219
2017	378.070	562.082

Fonte: Dados da pesquisa

ANEXO M

Tabela 20 – Consumo de fertilizante fosfatado calculado e obtido por regressão linear

ANO	CONSUMO DE FOSFATO	CONSUMO DE FOSFATO REGRESSÃO
1987	221.235	260.874
1988	241.032	263.529
1989	240.938	266.212
1990	248.387	268.921
1991	248.548	271.658
1992	202.846	274.423
1993	268.500	277.216
1994	309.436	280.038
1995	230.027	282.888
1996	345.840	285.767
1997	261.842	288.676
1998	327.637	291.614
1999	293.188	294.582
2000	436.108	297.580
2001	332.538	300.609
2002	408.630	303.668
2003	339.053	306.759
2004	397.607	309.881
2005	384.001	313.035
2006	410.840	316.221
2007	390.909	319.440
2008	290.750	322.691
2009	317.673	325.976
2010	297.120	329.293
2011	396.523	332.645
2012	302.615	336.031
2013	261.088	339.451
2014	278.059	342.906
2015	278.134	346.396
2016	374.853	349.921
2017	274.096	353.483

Fonte: Dados da pesquisa

ANEXO N

Tabela 21 – Consumo de fertilizante fosfatado calculado e obtido por regressão linear

ANO	CONSUMO DE POTÁSSIO	CONSUMO DE POTÁSSIO REGRESSÃO
1987	159.290	200.807
1988	179.243	205.350
1989	184.467	209.995
1990	201.685	214.746
1991	195.923	219.605
1992	164.548	224.573
1993	231.091	229.654
1994	246.288	234.849
1995	208.301	240.163
1996	319.373	245.596
1997	237.644	251.152
1998	276.891	256.834
1999	250.545	262.645
2000	390.915	268.587
2001	310.660	274.664
2002	369.216	280.878
2003	363.416	287.232
2004	379.273	293.730
2005	395.780	300.376
2006	365.953	307.171
2007	412.583	314.121
2008	329.822	321.227
2009	282.733	328.495
2010	317.719	335.927
2011	407.720	343.527
2012	313.154	351.298
2013	271.836	359.246
2014	291.202	367.374
2015	292.915	375.685
2016	396.897	384.185
2017	291.712	392.876

Fonte: Dados da pesquisa

ANEXO O

Tabela 22 – Consumo de área agricultável anualmente em hectares

ANO	FRANGOS	SUÍNOS	OVOS	TOTAL
1987	1015917	6033606	1300941	8350464
1988	1075294	6171949	1311729	8558971
1989	1054550	5829018	1205606	8089174
1990	1198044	6522657	1372585	9093286
1991	1379466	6929751	1519791	9829008
1992	1178887	5637360	1208012	8024258
1993	1070987	4920010	1100473	7091470
1994	1206661	5460490	1224710	7891861
1995	1200740	5293381	1137505	7631626
1996	1256720	4589974	1158546	7005239
1997	1277153	4763138	1168574	7208866
1998	1305657	4525973	1038527	6870157
1999	1386264	4865732	1104279	7356275
2000	1469935	5377323	1160614	8007872
2001	1254112	4541402	945592	6741105
2002	1408902	5005630	1058371	7472903
2003	1211198	4166944	880988	6259131
2004	1382013	4753482	1003029	7138524
2005	1666440	5882798	1151400	8700638
2006	1576523	5324017	1087754	7988294
2007	1509625	4862189	982381	7354195
2008	1547974	4624687	944941	7117602
2009	1715824	5567358	1081369	8364550
2010	1512194	4786922	932356	7231473
2011	1621597	5037565	1010843	7670005
2012	1390445	3904393	870037	6164875
2013	1307687	3442996	863871	5614555
2014	1440143	3581458	904687	5926288
2015	1373137	3582292	853678	5809107
2016	1763450	4605051	1101355	7469856
2017	1479042	3694112	1072364	6245518

Fonte: Dados da pesquisa

ANEXO P

Tabela 23 – Participação de cada produto de origem animal no uso total de área agricultável

ANO	FRANGO	SUÍNO	OVO
1987	12,17%	72,25%	15,58%
1988	12,56%	72,11%	15,33%
1989	13,04%	72,06%	14,90%
1990	13,18%	71,73%	15,09%
1991	14,03%	70,50%	15,46%
1992	14,69%	70,25%	15,05%
1993	15,10%	69,38%	15,52%
1994	15,29%	69,19%	15,52%
1995	15,73%	69,36%	14,91%
1996	17,94%	65,52%	16,54%
1997	17,72%	66,07%	16,21%
1998	19,00%	65,88%	15,12%
1999	18,84%	66,14%	15,01%
2000	18,36%	67,15%	14,49%
2001	18,60%	67,37%	14,03%
2002	18,85%	66,98%	14,16%
2003	19,35%	66,57%	14,08%
2004	19,36%	66,59%	14,05%
2005	19,15%	67,61%	13,23%
2006	19,74%	66,65%	13,62%
2007	20,53%	66,11%	13,36%
2008	21,75%	64,98%	13,28%
2009	20,51%	66,56%	12,93%
2010	20,91%	66,20%	12,89%
2011	21,14%	65,68%	13,18%
2012	22,55%	63,33%	14,11%
2013	23,29%	61,32%	15,39%
2014	24,30%	60,43%	15,27%
2015	23,64%	61,67%	14,70%
2016	23,61%	61,65%	14,74%
2017	23,68%	59,15%	17,17%

Fonte: Dados da pesquisa

ANEXO Q

Tabela 24 – Uso de área agricultável por unidade de produto em m² kg⁻¹

ANO	FRANGOS	SUÍNOS	OVOS	MILHO
1987	12,42	27,61	10,53	5,04
1988	13,12	29,18	11,13	5,33
1989	11,97	26,62	10,15	4,86
1990	13,15	29,24	11,16	5,34
1991	13,63	30,29	11,56	5,53
1992	10,79	24,00	9,16	4,38
1993	9,73	21,63	8,25	3,95
1994	10,43	23,18	8,85	4,23
1995	9,48	21,07	8,04	3,85
1996	9,95	22,12	8,44	4,04
1997	9,39	20,89	7,97	3,81
1998	8,81	19,59	7,47	3,58
1999	8,87	19,73	7,53	3,60
2000	9,06	20,15	7,69	3,68
2001	7,24	16,10	6,14	2,94
2002	8,06	17,93	6,84	3,27
2003	6,61	14,70	5,61	2,68
2004	7,32	16,27	6,21	2,97
2005	8,10	18,02	6,87	3,29
2006	7,28	16,20	6,18	2,96
2007	6,51	14,47	5,52	2,64
2008	6,04	13,43	5,12	2,45
2009	6,63	14,75	5,63	2,69
2010	5,64	12,54	4,79	2,29
2011	5,85	13,01	4,96	2,37
2012	4,92	10,94	4,18	2,00
2013	4,69	10,43	3,98	1,90
2014	4,76	10,58	4,04	1,93
2015	4,45	9,90	3,78	1,81
2016	5,75	12,78	4,87	2,33
2017	4,39	9,75	3,72	1,78

Fonte: Dados da pesquisa

ANEXO R

Tabela 25 – Consumo de água anual em km³ . ano⁻¹

ANO	FRANGOS	SUÍNOS	OVOS
1987	3,52	20,88	4,50
1988	3,52	20,21	4,30
1989	3,79	20,92	4,33
1990	3,91	21,31	4,48
1991	4,35	21,86	4,79
1992	4,69	22,44	4,81
1993	4,73	21,73	4,86
1994	4,97	22,50	5,05
1995	5,45	24,01	5,16
1996	5,43	19,82	5,00
1997	5,84	21,79	5,35
1998	6,37	22,07	5,06
1999	6,71	23,56	5,35
2000	6,97	25,49	5,50
2001	7,44	26,94	5,61
2002	7,51	26,68	5,64
2003	7,87	27,09	5,73
2004	8,12	27,91	5,89
2005	8,84	31,19	6,11
2006	9,30	31,40	6,42
2007	9,97	32,10	6,49
2008	11,01	32,91	6,72
2009	11,12	36,07	7,01
2010	11,52	36,45	7,10
2011	11,91	36,99	7,42
2012	12,14	34,09	7,60
2013	11,98	31,55	7,92
2014	13,00	32,33	8,17
2015	13,26	34,58	8,24
2016	13,19	34,44	8,24
2017	14,49	36,20	10,51
Total	252,89	857,51	189,33
Média	8,16	27,66	6,11

Fonte: Dados da pesquisa

ANEXO S

Tabela 26 – Consumo de área calculado e obtido por regressão linear para a produção de ovos de galinha

ANO	CONSUMO AREA OVOS	CONSUMO AREA OVOS REGRESSAO
1987	1.300.941	1.290.829
1988	1.311.729	1.275.424
1989	1.205.606	1.260.203
1990	1.372.585	1.245.164
1991	1.519.791	1.230.304
1992	1.208.012	1.215.621
1993	1.100.473	1.201.114
1994	1.224.710	1.186.780
1995	1.137.505	1.172.616
1996	1.158.546	1.158.622
1997	1.168.574	1.144.795
1998	1.038.527	1.131.133
1999	1.104.279	1.117.634
2000	1.160.614	1.104.296
2001	945.592	1.091.117
2002	1.058.371	1.078.096
2003	880.988	1.065.229
2004	1.003.029	1.052.517
2005	1.151.400	1.039.956
2006	1.087.754	1.027.545
2007	982.381	1.015.282
2008	944.941	1.003.166
2009	1.081.369	991.194
2010	932.356	979.365
2011	1.010.843	967.677
2012	870.037	956.129
2013	863.871	944.718
2014	904.687	933.444
2015	853.678	922.304
2016	1.101.355	911.297
2017	1.072.364	900.421

Fonte: Dados da pesquisa

ANEXO T

Tabela 27 – Consumo de área calculado e obtido por regressão linear para a produção de frangos

ANO	CONSUMO AREA	
	FRANGOS	CONSUMO ÁREA FRANGOS REGRESSÃO
1987	1.015.917	1.121.276
1988	1.075.294	1.135.167
1989	1.054.550	1.149.231
1990	1.198.044	1.163.468
1991	1.379.466	1.177.882
1992	1.178.887	1.192.475
1993	1.070.987	1.207.248
1994	1.206.661	1.222.204
1995	1.200.740	1.237.346
1996	1.256.720	1.252.675
1997	1.277.153	1.268.194
1998	1.305.657	1.283.905
1999	1.386.264	1.299.811
2000	1.469.935	1.315.915
2001	1.254.112	1.332.217
2002	1.408.902	1.348.722
2003	1.211.198	1.365.431
2004	1.382.013	1.382.347
2005	1.666.440	1.399.472
2006	1.576.523	1.416.810
2007	1.509.625	1.434.363
2008	1.547.974	1.452.133
2009	1.715.824	1.470.123
2010	1.512.194	1.488.336
2011	1.621.597	1.506.774
2012	1.390.445	1.525.442
2013	1.307.687	1.544.340
2014	1.440.143	1.563.472
2015	1.373.137	1.582.842
2016	1.763.450	1.602.451
2017	1.479.042	1.622.304

Fonte: Dados da pesquisa

ANEXO U

Tabela 28 – Consumo de área calculado e obtido por regressão linear para a produção de suínos

ANO	CONSUMO ÁREA SUÍNOS	CONSUMO ÁREA SUÍNOS REGRESSÃO
1987	6.033.606	6.088.984
1988	6.171.949	6.001.712
1989	5.829.018	5.915.690
1990	6.522.657	5.830.901
1991	6.929.751	5.747.328
1992	5.637.360	5.664.952
1993	4.920.010	5.583.757
1994	5.460.490	5.503.726
1995	5.293.381	5.424.842
1996	4.589.974	5.347.088
1997	4.763.138	5.270.449
1998	4.525.973	5.194.909
1999	4.865.732	5.120.451
2000	5.377.323	5.047.060
2001	4.541.402	4.974.721
2002	5.005.630	4.903.419
2003	4.166.944	4.833.139
2004	4.753.482	4.763.867
2005	5.882.798	4.695.587
2006	5.324.017	4.628.286
2007	4.862.189	4.561.949
2008	4.624.687	4.496.563
2009	5.567.358	4.432.115
2010	4.786.922	4.368.590
2011	5.037.565	4.305.976
2012	3.904.393	4.244.259
2013	3.442.996	4.183.426
2014	3.581.458	4.123.466
2015	3.582.292	4.064.365
2016	4.605.051	4.006.111
2017	3.694.112	3.948.692

Fonte: Dados da pesquisa

ANEXO V

Tabela 29 – Pegada hídrica calculada e obtida por regressão linear para a produção de ovos

ANO	PEGADA HÍDRICA OVOS	PEGADA HÍDRICA OVOS REGRESSÃO
1987	4,50	4,13
1988	4,30	4,23
1989	4,33	4,34
1990	4,48	4,44
1991	4,79	4,55
1992	4,81	4,66
1993	4,86	4,78
1994	5,05	4,90
1995	5,16	5,02
1996	5,00	5,14
1997	5,35	5,27
1998	5,06	5,40
1999	5,35	5,53
2000	5,50	5,67
2001	5,61	5,81
2002	5,64	5,95
2003	5,73	6,10
2004	5,89	6,25
2005	6,11	6,40
2006	6,42	6,56
2007	6,49	6,72
2008	6,72	6,89
2009	7,01	7,06
2010	7,10	7,23
2011	7,42	7,41
2012	7,60	7,59
2013	7,92	7,78
2014	8,17	7,97
2015	8,24	8,17
2016	8,24	8,37
2017	10,51	8,58

Fonte: Dados da pesquisa

ANEXO W

Tabela 30 – Pegada hídrica calculada e obtida por regressão linear para a produção de frangos

ANO	PEGADA HIDRICA FRANGOS	PEGADA HIDRICA FRANGOS REGRESSÃO
1987	3,52	3,59
1988	3,52	3,77
1989	3,79	3,95
1990	3,91	4,15
1991	4,35	4,36
1992	4,69	4,58
1993	4,73	4,80
1994	4,97	5,04
1995	5,45	5,30
1996	5,43	5,56
1997	5,84	5,84
1998	6,37	6,13
1999	6,71	6,43
2000	6,97	6,75
2001	7,44	7,09
2002	7,51	7,44
2003	7,87	7,82
2004	8,12	8,21
2005	8,84	8,62
2006	9,30	9,04
2007	9,97	9,50
2008	11,01	9,97
2009	11,12	10,47
2010	11,52	10,99
2011	11,91	11,54
2012	12,14	12,11
2013	11,98	12,72
2014	13,00	13,35
2015	13,26	14,02
2016	13,19	14,72
2017	14,49	15,45

Fonte: Dados da pesquisa

ANEXO X

Tabela 31 – Pegada hídrica calculada e obtida por regressão linear para a produção de suínos

ANO	PEGADA HIDRICA SUINOS	PEGADA HIDRICA SUINOS REGRESSAO
1987	20,88	19,48
1988	20,21	19,91
1989	20,92	20,35
1990	21,31	20,80
1991	21,86	21,27
1992	22,44	21,74
1993	21,73	22,22
1994	22,50	22,71
1995	24,01	23,21
1996	19,82	23,73
1997	21,79	24,26
1998	22,07	24,79
1999	23,56	25,34
2000	25,49	25,90
2001	26,94	26,48
2002	26,68	27,07
2003	27,09	27,67
2004	27,91	28,28
2005	31,19	28,91
2006	31,40	29,55
2007	32,10	30,20
2008	32,91	30,87
2009	36,07	31,56
2010	36,45	32,26
2011	36,99	32,97
2012	34,09	33,70
2013	31,55	34,45
2014	32,33	35,21
2015	34,58	35,99
2016	34,44	36,79
2017	36,20	37,61

Fonte: Dados da pesquisa