



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

GIRLENE CORDEIRO DE LIMA SANTOS

**META-ANÁLISE E ANÁLISES DE COMPONENTES PRINCIPAIS DO USO DE
TORTAS DE OLEAGINOSAS NA DIETA DE VACAS LEITEIRAS**

AREIA

2021

GIRLENE CORDEIRO DE LIMA SANTOS

**META-ANÁLISE E ANÁLISES DE COMPONENTES PRINCIPAIS DO USO DE
TORTAS DE OLEAGINOSAS NA DIETA DE VACAS LEITEIRAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal da Paraíba, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Zootecnia.

Comitê de orientação:

Orientador: Prof. Dr. Severino Gonzaga Neto

Coorientador: Prof. Dr. Leilson Rocha Bezerra

Coorientador: Prof. Dr. Ariosvaldo Nunes de Medeiros

AREIA

2021

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

S237m Santos, Gírlene Cordeiro de Lima.

Meta-análise e análises de componentes principais do uso de tortas de oleaginosas na dieta de vacas leiteiras / Gírlene Cordeiro de Lima Santos. - Areia:UFPB/CCA, 2021.
124 f. : il.

Orientação: Severino Gonzaga Neto.
Coorientação: Leilson Rocha Bezerra, Ariosvaldo Nunes de Medeiros.
Dissertação (Mestrado) - UFPB/CCA.

1. Zootecnia. 2. Ingestão de matéria seca. 3. Digestibilidade. 4. Produção de leite. 5. Teor de proteína. I. Gonzaga Neto, Severino. II. Bezerra, Leilson Rocha. III. Medeiros, Ariosvaldo Nunes de. IV. Título.

UFPB/CCA-AREIA

CDU 636(043.3)



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

PARECER DE DEFESA DO TRABALHO DE DISSERTAÇÃO

TÍTULO: “META-ANÁLISE E ANÁLISES DE COMPONENTES PRINCIPAIS DO USO DE TORTAS DE OLEAGINOSAS NA DIETA DE VACAS LEITEIRAS”

AUTOR: Girlene Cordeiro de Lima Santos

ORIENTADOR: Severino Gonzaga Neto

J U L G A M E N T O

CONCEITO: APROVADO

EXAMINADORES:

Prof. Dr. Severino Gonzaga Neto
Presidente
Universidade Federal da Paraíba

Prof. Dr. Francisco Fernando Ramos de Carvalho
Examinador
Universidade Federal Rural do Pernambuco

Profa. Dra. Juliana Silva de Oliveira
Examinadora
Universidade Federal da Paraíba

Areia, 21 de janeiro de 2021.

BIOGRAFIA

Girlene Cordeiro de Lima Santos é natural de Serra Talhada-PE, onde nasceu (1988), e viveu sua infância na Zona Rural de Caiçarina da Penha, distrito do município. Com origem de família simples e de baixa renda, na sua adolescência, juntamente com a sua família, mudou-se para sua cidade, em busca de uma melhor educação e oportunidades. Teve toda sua trajetória educacional em escola pública, onde desenvolveu o gosto e o amor pelo conhecimento. Iniciou o curso técnico em Zootecnia pelo Instituto de Tecnologia de Pernambuco - ITEP (2008). Em 2009, durante a realização do estágio obrigatório, foi contratada pela Empresa de Assessoria e Assistência Técnica de Projetos - AATEC, na qual permaneceu durante 2 anos (2009 - 2011). Em 2010 finalizou o curso Técnico e atuou como Assessora no Instituto Cidadania do Nordeste - ICN (2010 - 2014), onde ficou por 4 anos (2010 - 2014), fornecendo assistência a produtores rurais de Serra Talhada e São José do Belmonte, em Pernambuco. Em 2012 foi aprovada no processo seletivo para docente do Centro Tecnológico do Pajeú - CTP, do Instituto de Tecnologia de Pernambuco - ITEP, com contrato temporário, quando atuou como professora da disciplina de Suinocultura, durante 6 meses em duas turmas. Em 2013, ingressou no curso Bacharelado em Zootecnia pela Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE, na Unidade Acadêmica de Serra Talhada - UAST. Durante o período de graduação foi bolsista de Iniciação Científica na área de Nutrição Animal, participou de Projeto de Extensão (2018) e de Projeto de Ensino (2018). Realizou o estágio supervisionado obrigatório na Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa (2018), onde esteve dedicada ao uso de técnicas laboratoriais para avaliação da produção de ruminantes em ambiente semiárido. No Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) atuou na avaliação bioclimática do estado de Pernambuco para criação de caprinos leiteiros da raça Saanen. Em 2019, concluiu o curso Bacharelado em Zootecnia e no mesmo ano iniciou a pós-graduação em Zootecnia no Centro de Ciências Agrárias, da Universidade Federal da Paraíba - UFPB, localizado na Cidade de Areia na Paraíba, onde adquiriu ainda mais vocação para o ensino, pesquisa e a extensão, e interesse por estudos destinados a pequenos e grandes ruminantes. Em janeiro de 2021 defendeu a sua dissertação de mestrado.

*A minha mãe, Maria de Lourdes,
aos meus irmãos, Gerônimo e Geraldo
e aos meus sobrinhos, Diêgo e Demilly.
Dedico.*

AGRADECIMENTOS

A Deus primeiramente, pela dádiva da vida, por me agraciar com saúde, paz, entusiasmo e sabedoria e pela sua presença em todos os momentos da minha vida.

A minha mãe, Maria de Lourdes de Lima, minha grande inspiração de perseverança e força, agradeço pelos ensinamentos, confiança e apoio em cada etapa de minha vida.

Aos meus irmãos Gerônimo Bartolomeu de Lima e Geraldo Arcanjo de Lima, por todo o incentivo e companheirismo durante todo o meu processo de formação.

Ao meu orientador, Dr. Severino Gonzaga Neto, pela oportunidade e confiança a mim conferida durante o meu desenvolvimento e aprimoramento profissional e por todo o conhecimento transmitido.

Aos meus coorientadores, Dr. Leilson Rocha Bezerra e Dr. Ariosvaldo Nunes de Medeiros, pelas contribuições e apoio no refinamento de minhas produções científicas.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoas de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos.

À Universidade Federal da Paraíba-UFPB e o Programa de Pós-Graduação em Zootecnia (PPGZ), do Centro de Ciências Agrárias-CCA/Campus II – Areia, pela oportunidade e espaço para o meu crescimento profissional.

Aos professores do PPGZ, da referida Unidade Acadêmica (CCA/UFPB) por todo o conhecimento prático e científico transmitido.

A todos que torceram, fizeram-se presentes e que direta ou indiretamente contribuíram na realização desse trabalho.

“A vida é formada por ciclos.
Ora em baixa, ora em alta.
Mas sempre evoluindo”.
Eu!

META-ANÁLISE E ANÁLISES DE COMPONENTES PRINCIPAIS DO USO DE TORTAS DE OLEAGINOSAS NA DIETA DE VACAS LEITEIRAS

RESUMO GERAL

Com o aumento da população global, a demanda por fontes de proteínas derivadas do leite tem sido cada vez maior. A pecuária leiteira é uma fonte de renda para o pequeno e grande produtor. O cenário de produção de leite tem se tornado cada vez mais dinâmico para atender exigências atuais dos consumidores. Todavia há necessidade do fornecimento de uma dieta balanceada para suprir a exigência nutricional do animal. A alimentação representa 70% dos custos de produção pecuária. O uso de coprodutos é uma prática capaz de reduzir esses custos, já que permite substituir parcialmente componentes de dietas tradicionais, como o farelo de soja, um alimento proteico, e o milho, um concentrado energético. Porém, para o sucesso deste tipo de manejo, deve-se conhecer a eficiência do animal diante de dietas a base de coprodutos. Como alternativa, as tortas, resultantes do processo de extração de óleo de grãos de oleaginosas consistem em alimentos ricos em lipídeos e proteína. Os diferentes tipos de tortas oferecem as mais variadas composições químicas e bromatológicas, o que conferem distintas respostas do animal. Nesse estudo, objetivou-se realizar uma revisão sistemática e uma meta-análise para avaliação dos efeitos de tortas na ingestão e digestibilidade aparente da matéria seca (DAMS), produção e composição do leite de vacas leiteiras em lactação. O levantamento dos desfechos para a revisão sistemática e aquisição dos dados da meta-análise foi conduzido nas bases de dados Science.gov, Scopus Preview, PubMed, Web of Science, SciELO, Science Direct, Portal de Periódicos CAPES, WorldWideScience.org, Google Scholar, Academia.edu, Portal de Busca Integrada e EpringerLink, considerando artigos publicados entre os anos de 2009 a 2019. O conjunto de dados usado na meta-análise foi oriundo de 51 trabalhos publicados entre 2009-2019, que resultaram em 119 estudos com 18 tipos de tortas avaliadas em 1.350 vacas. As dispersões dos dados de atributos das vacas e características das dietas foram analisadas usando BoxPlots. O tamanho do efeito de cada estudo foi mensurado pela diferença média padronizada e os modelos de efeitos fixo e aleatório foram ajustados. Testes de heterogeneidade e de vies de publicação foram aplicados. A análise de componentes principais foi utilizada para explicação da heterogeneidade dos resultados e identificação da contribuição de cada fração da dieta, tipo e teor de torta nas respostas das variáveis analisadas. As vacas alimentadas com tortas aumentaram a ingestão de matéria seca (IMS), em $0,366 \text{ kg d}^{-1}$ ($P < 0,001$) e IMS em função do peso vivo do animal em $0,103\%$ ($P < 0,000$) em relação à dieta sem torta. Já o teor de proteína do leite reduziu em $0,050\%$ ($P < 0,010$). Os teores de fibra em detergente neutro (FDN) (26 a 50%) e extrato etéreo EE (3% a 7%) das dietas com torta não afetaram a DAMS. O efeito da inserção da torta na produção de leite dependeu também da proporção de torta, concentrações de FDN e IMS. Tortas em níveis de 10 a 30% podem substituir o milho/soja da dieta sem afetar a produção de leite, a produção de componentes do leite (gordura, proteína e lactose) e os teores (gordura e lactose) do leite, mas podem reduzir o teor de proteína do leite.

Palavras-chave: Ingestão de matéria seca. Digestibilidade. Produção de leite. Teor de proteína.

META-ANALYSIS AND ANALYSIS OF MAIN COMPONENTS OF THE USE OF OILSEED CAKES IN THE DIET OF DAIRY COWS

ABSTRACT

With the increase in the global population, the demand for dairy protein sources has been increasing. Dairy farming is a source of income for small and large producers. The milk production scenario has become increasingly dynamic to meet current consumer demands. However, there is a need to provide a balanced diet to meet the animal's nutritional requirements. Feeding represents 70% of livestock production costs. The use of co-products is a practice capable of reducing these costs, since it partially replaces components of traditional diets, such as soybean, a protein food, and corn, an energy concentrate. However, for the success of this type of management, it is necessary to know the efficiency of the animal in coproduct diets. As an alternative, the cakes, resulting from the process of oil extraction from oilseeds grains consist of foods rich in lipids and protein. The different types of cakes offer the most varied chemical and bromatological compositions, which confer different responses of the animal. In this study, the objective was to carry out a systematic review and a meta-analysis to evaluate the effects of cakes on intake and apparent digestibility of dry matter (DAMS), production and composition of milk from lactating dairy cows. The survey of outcomes for the systematic review and acquisition of meta-analysis data was conducted in the databases Science.gov, Scopus Preview, PubMed, Web of Science, SciELO, Science Direct, CAPES Journal Portal, WorldWideScience.org, Google Scholar, Academia.edu, Portal de Busca Integrada and EpringerLink, considering articles published between 2009 and 2019. The data set used in meta-analysis came from 51 papers published between 2009-2019, which resulted in 119 studies with 18 types of cakes evaluated in 1,350 cows. The data dispersions of cow attributes and diet characteristics were analyzed using BoxPlots. The effect size of each study was measured by the standardized mean difference and the fixed and randomized effect models were adjusted. Heterogeneity and publication views tests were applied. Principal component analysis was used to explain the heterogeneity of results and identify the contribution of each diet fraction, cake type and content in the responses of the analyzed variables. Cows fed with cakes increased dry matter intake (IMS) by 0.366 kg d⁻¹ (P <0.001) and IMS as a function of live weight of the animal by 0.103% (P<0.000) in relation to the diet without cake. The milk protein concentration reduced by 0.050% (P<0.010). The fiber content in neutral detergent (FDN) (26 to 50%) and ethereal extract EE (3% to 7%) of cake diets did not affect DAMS. The effect of inserting the cake in milk production also depended on the proportion of cake, FDN and IMS concentrations. cakes at levels of 10 to 30% can replace the corn/soybean in the diet without affecting milk production, the production of milk components (fat, protein and lactose) and the concentrations (fat and lactose) of milk, but can reduce the concentration of milk protein.

Keywords: Dry matter intake. Digestibility. Milk production. Protein concentration.

LISTA DE FIGURAS

REFERENCIAL TEÓRICO

Figura 1. Representação gráfica das etapas meta-analíticas.....	33
Figura 2. PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses).	34

CAPÍTULO I

Figura 1. Diagrama PRISMA da seleção dos estudos.	54
--	----

CAPÍTULO II

Figura 1. Boxplot de características do rebanho de vacas (peso corporal, dias em lactação e parição) e composição química das dietas (proporção de concentrado e de volumoso, FDN, FDA, PB, NDT, MS e EE, e teores de tortas) usadas nos 119 estudos elegíveis.	85
Figura 2. Gráfico de floresta do efeito da substituição parcial da dieta por tortas na ingestão de matéria seca (IMS, kg dia ⁻¹) de vacas.	87
Figura 3. Gráfico de floresta do efeito da substituição parcial da dieta por tortas na ingestão de matéria seca em função do peso corporal (IMSpv, %) de leite de vacas.	88
Figura 4. Gráfico de floresta do efeito da substituição parcial da dieta por tortas no teor de proteína (TeorProt, %).	89
Figura 5. Análise de componentes principais das características químicas (FDN, FDA, PB, NDT, MS e EE) de dietas com a inserção de distintos tipos (círculos) e teores de tortas (TT) com a produção de leite (PL) (A e B) e o teor de gordura do leite (TeorGord) (C e D).....	91
Figura S1. Diagrama PRISMA da seleção dos estudos.	108
Figura S2. Gráficos de funil para ingestão de matéria seca (A), ingestão de matéria seca em função do peso corporal (B), digestibilidade aparente da matéria seca (C), produção de leite (D), produção de gordura do leite (D), produção de proteína do leite (E), produção de lactose no leite (F), teor de gordura do leite (G), teor de proteína do leite (H), teor de lactose do leite (I) de vacas alimentadas com substituição parcial da dieta padrão por tortas. O eixo x é representado pela diferença média padronizada. A linha vertical representa o erro padrão global estimado. As áreas sombreadas indicam os intervalos de confiança para os estudos (>90%, 90%-95%, 95%-99%). Os círculos dos estudos estão predominantemente dentro do funil, indicando ausência de viés de publicação.	114

Figura S3. Gráfico de floresta do efeito da substituição parcial da dieta por tortas na digestibilidade aparente da matéria seca (DAMS, %) de leite de vacas.	115
Figura S4. Gráfico de floresta do efeito da substituição parcial da dieta por tortas na produção de leite (PL, kg dia ⁻¹).	116
Figura S5. Gráfico de floresta do efeito da substituição parcial da dieta por tortas na produção de gordura (ProdGord, kg dia ⁻¹).	117
Figura S6. Gráfico de floresta do efeito da substituição parcial da dieta por tortas na produção de proteína (ProdProt, kg dia ⁻¹).	118
Figura S8. Gráfico de floresta do efeito da substituição parcial da dieta por tortas no teor de gordura (TeorGord, %).	120
Figura S9. Gráfico de floresta do efeito da substituição parcial da dieta por tortas no teor de lactose (TeorLact, %).	121
Figura S10. Análise de componentes principais das características químicas (FDN, FDA, PB, NDT, MS e EE) de dietas com a inserção de distintos tipos (círculos) e teores de tortas (TT) com a ingestão de matéria seca (IMS) (A e B), ingestão de matéria seca em função do peso vivo do animal (IMSpv) (C e D) e digestibilidade aparente da matéria seca (DAMS) (D e E).	122
Figura S11. Análise de componentes principais das características químicas (FDN, FDA, PB, NDT, MS e EE) de dietas com a inserção de distintos tipos (círculos) e teores de tortas com as produções de gordura (ProdGord, A e B), proteína (ProdProt C e D) e lactose (ProdLact, E e F) do leite de vacas.	123
Figura S12. Análise de componentes principais das características químicas (FDN, FDA, PB, NDT, MS e EE) de dietas com a inserção de distintos tipos (círculos) e teores de tortas com os teores de proteína e lactose do leite de vacas (TeorProt e TeorLact).	124

LISTA DE TABELAS

REFERENCIAL TEÓRICO

Tabela 1. Composição química, %, na matéria seca de distintas tortas.....	26
---	----

CAPÍTULO I

Tabela 1. Tortas estudadas na alimentação de vacas em lactação (2009-2019).....	55
Tabela 2. Maiores produtores de cultivo de oleaginosas em 2018.	58
Tabela 4. Maiores exportadores e importadores mundiais de tortas.....	59
Tabela 5. Produção de oleaginosas no Brasil em 2018.	60
Tabela 6. Níveis recomendados de tortas na dieta de vacas lactantes e o efeito no rendimento e valor nutritivo do leite.	64

CAPÍTULO II

Tabela 1. Tamanho estimado do efeito derivado da meta-análise para vacas leiteiras em lactação, alimentadas com diferentes tipos de tortas.	86
Tabela S1. Estudos elegíveis, natureza do trabalho (artigo, dissertação e tese) e tipo de torta.	109
Tabela S2. Estatística descritiva das variáveis de ingestão de vacas leiteiras usadas na meta-análise e análise de componentes principais.	111
Tabela S3. Estatística descritiva das variáveis de produção usadas na meta-análise e análise de componentes principais.	112
Tabela S4. Estatística descritiva dos valores de teores de gordura, proteína e lactose do leite usados na meta-análise e análise de componentes principais.....	113

SUMÁRIO

1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS	14
1.1 Hipótese científica	14
1.2 Objetivos.....	15
1.2.1 Objetivo geral	15
1.2.2 Objetivos específicos.....	15
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	16
2.1 Alimentação básica para vacas leiteiras	16
2.2 Uso de coprodutos na alimentação animal	20
2.3 Uso de tortas na alimentação de vacas leiteiras	25
2.4 Breve histórico da meta-análise e suas aplicações.....	29
2.5 Etapas na condução de uma meta-análise	30
2.5.1 Definição dos objetivos do estudo meta-analítico	31
2.5.2 Codificação das informações.....	31
2.5.3 Compilação dos dados	31
2.5.4 Filtragem dos dados.....	32
2.5.5 Investigação gráfica dos dados	32
2.5.6 Análise do dispositivo experimental.....	32
2.5.7 Práticas pós-analíticas.....	33
2.6 Métodos estatísticos usualmente utilizados na meta-análise aplicada as ciências animais	34
3 CONSIDERAÇÕES FINAIS	36
3 REFERÊNCIAS.....	38
CAPÍTULO I – TORTAS OLEAGINOSAS NA DIETA DE VACAS EM LACTAÇÃO: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA	49
1 INTRODUÇÃO	52
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	53

2.1 Levantamento dos desfechos.....	53
2.2 Critérios de inclusão e exclusão dos dados	53
3 REVISÃO SISTEMÁTICA	54
3.1 Tortas, composições e distribuição geográfica de uso na dieta animal	54
3.2 Efeitos de tortas na ingestão de vacas.....	60
3.3 Efeitos de tortas na composição do leite	61
3.4 Efeitos de tortas no valor nutritivo e rendimento do leite de vacas.....	63
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	65
5 REFERÊNCIAS.....	66
CAPÍTULO II – INGESTÃO E DIGESTIBILIDADE APARENTE DA MATÉRIA SECA, PRODUÇÃO E COMPOSIÇÃO DO LEITE DE VACAS ALIMENTADAS COM DIETAS CONTENDO TORTAS DE OLEAGINOSAS: META-ANÁLISE E ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS	74
1 INTRODUÇÃO	77
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	78
2.1 Levantamento de estudos para condução de meta-análise	78
2.2 Critérios de inclusão e exclusão dos dados	79
2.3 Compilação e processamento de dados.....	80
2.4 Análise estatística	80
<i>2.4.1 Estatística descritiva e BoxPlot</i>	<i>80</i>
<i>2.4.2 Meta-análise</i>	<i>81</i>
<i>2.4.3 Análise de componentes principais</i>	<i>83</i>
3 RESULTADOS	83
3.1 Análise exploratória do conjunto de dados	83
3.2 Meta-análise	85
3.3 Análise de componentes principais.....	89
4 DISCUSSÃO	91
4.1 Ingestão e digestibilidade da matéria seca	91

4.2 Produção e componentes do leite	93
5 CONCLUSÕES	96
6 REFERÊNCIAS.....	97
ANEXOS.....	108

1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A pecuária leiteira é uma fonte de renda para o pequeno e o grande produtor brasileiro. Todavia, o desempenho dessa atividade depende muito dos gastos com a dieta animal, a qual representa 70% dos custos de produção. O uso de coprodutos é uma prática capaz de substituir dietas tradicionais, por exemplo, como o farelo de soja, um alimento proteico, e como o milho, um concentrado energético. Esta ação favorece ainda a redução da competição de grãos para a alimentação humana. Contudo, para o sucesso deste tipo de manejo há necessidade de se investigar a eficiência do animal diante de dietas à base de coprodutos. Vários trabalhos científicos foram conduzidos para avaliar o efeito de distintas dietas para ruminantes, mas a grande quantidade de dados acaba dificultando as melhores recomendações, por causa da diversidade de coprodutos, dietas e manejos adotados que afetam o desempenho animal.

Como alternativas para a redução do milho e da soja nas dietas, as tortas, resultantes do processo de extração de óleo de grãos de oleaginosas, consistem em alimentos ricos em lipídeos e proteína. O seu uso na nutrição do animal, além de reduzir a necessidade de concentrados, garante a inclusão de gordura na dieta, que atende à demanda do animal e mitiga a quantidade de metano entérico produzida. Logo, conhecer a composição nutricional de tortas comumente usadas na dieta de vacas leiteiras e seus efeitos nos parâmetros de ingestão, digestibilidade, produção e qualidade do leite é essencial para recomendação do seu uso parcial.

Diversos são os tipos de tortas testadas em dietas fornecidas aos animais. Porém, a ampla variação de composição das tortas comparada aos alimentos convencionais implica na constante necessidade de conhecimento dos efeitos no desempenho animal. Uma forma de compilar, agrupar e investigar as informações disponíveis na literatura para as melhores tomadas de decisão é o uso da meta-análise. A meta-análise é uma técnica secundária da revisão sistemática, que a partir de procedimentos estatísticos mais minuciosos possibilita resumir resultados de estudos, em prol de uma solução científica.

1.1 Hipótese científica

Acredita-se que a inserção da torta na dieta de vacas leiteiras em lactação poderia reduzir parcialmente o milho e o farelo de soja da dieta sem afetar de forma significativa a ingestão, digestibilidade, produção de leite, a produção de componentes do leite e os seus teores no leite, contribuindo para a redução dos custos com a alimentação.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

Objetivou-se nesse estudo realizar uma revisão sistemática e uma meta-análise para avaliação dos efeitos de diferentes tipos de tortas na ingestão e digestibilidade aparente da matéria seca, produção e composição do leite de vacas, com vistas à substituição parcial do milho e da soja na dieta de vacas em lactação.

1.2.2 Objetivos específicos

- Realizar uma revisão narrativa sobre o uso de tortas na alimentação de vacas leiteiras;
- Realizar um levantamento sistemático de estudos com adoção de torta na dieta em comparação com a condição controle (sem uso de torta);
- Caracterizar o conjunto de dados dos estudos elegíveis;
- Conduzir uma revisão sistemática a partir de artigos científicos com uso de tortas oleaginosas na dieta de vacas leiteiras;
- Aplicar técnicas de meta-análise e análise de componentes principais ao conjunto de dados para avaliação do efeito do uso de tortas na alimentação de vacas leiteiras; e,
- Identificar a contribuição da ingestão e de características químicas das dietas com torta na variação dos seus efeitos no desempenho de vacas leiteiras em lactação.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Alimentação básica para vacas leiteiras

De maneira geral, para atender à necessidade alimentar de um animal é importante que à dieta contenha nutrientes essenciais. Logo, a alimentação deve ser composta por água, energia, aminoácidos, vitaminas, minerais e aditivos (VAN SOEST, 2018), que ajustados à exigência nutricional do rebanho e às condições de manejo, saúde, ambiente e até mesmo com a manipulação e o processamento do alimento permite alcançar bons resultados na produção. Esses nutrientes podem ser ofertados através de dietas estabelecidas e as suas proporções podem variar de acordo com a fase de vida do animal e manejo.

Na produção animal, usualmente, os alimentos podem ser classificados segundo os teores de fibra bruta (FB) e proteína bruta (PB), como alimentos volumosos, concentrado proteico e concentrado energético. Alimentos com acima de 18% de FB são considerados volumosos, como as pastagens nativas e cultivadas, forragens e silagens. Por sua vez, os alimentos concentrados possuem menos de 18% de FB, sendo rotulados como: básico com valores inferiores de proteína bruta, 16 a 18%; concentrado proteico, apresentando acima de 20% de PB, por exemplo, o farelo de soja, de algodão de girassol, etc.; e, concentrados energéticos com menos de 20% de PB, como sorgo, milho, frutas, etc. (ANDRIGUETTO et al., 2002; GONÇALVES et al., 2009). O teor de nitrogênio não proteico (NNP) da PB nos concentrados podem ser inferiores a 12% (SANTOS, 2006).

No Brasil, a alimentação dos ruminantes é baseada grande parte em volumosos de pastagens, mas complementada com alimentos concentrados, logo, a relação volumoso:concentrado da dieta pode interferir no consumo voluntário dos animais (BORGES, GONÇALVES e GOMES, 2009). Segundo o NRC (2001), à dieta de vacas leiteiras deve conter concentrações de FDN (fibra em detergente neutro) de 25 a 33%, 15 a 19% de FDN na forragem, 17 a 21% de FDA (fibra em detergente ácido), e 36 a 44% de CNF (carboidratos não fibrosos).

Para ruminantes, o uso de fibra na alimentação estimula a mastigação e a formação de saliva, fator este importante para a sua saúde (MACHADO et al., 2009; ALVES et al., 2016), já que contribui na manutenção do pH do rúmen, e estimula a ruminação (OLIVEIRA et al., 2016). Além disso, o teor de fibra dos alimentos é responsável pela distensão ruminal

(BORGES, GONÇALVES e GOMES, 2009). Outra função da fibra é estimular a motilidade do rúmen, sendo esta também responsável pelo teor de gordura no leite.

A fibra pode ser do tipo fisicamente efetiva (FND_{fe}) ou fibra efetiva (FDN_e), onde a primeira é responsável pela atividade mastigatória que ativa a secreção salivar, por conseguinte, os componentes presentes na saliva como fosfato e bicarbonato, que irão neutralizar ácidos produzidos no rúmen devido o processo de fermentação. Tal equilíbrio é de extrema importância para manutenção do pH ruminal, pois a queda no pH ruminal prejudica a ingestão energética e a absorção de proteínas. Já a FDN_e é responsável pelo teor de gordura no leite (SILVA e NEUMENN, 2012).

O teor de fibra ingerido na dieta de ruminantes funciona como importante elemento regulador do consumo. Esta fibra é degradada pelos microrganismos ruminais, onde cerca de 70 a 80% destes, situam-se no alimento onde realizam a sua degradação. Os animais têm seu desempenho influenciado pela taxa de degradação da fração fibrosa, sobretudo, do FDN_e e, esta, por sua vez, é uma das formas de decidir a qualidade do alimento (OLIVEIRA et al., 2016). Assim, a FDN_e é o indicador mais utilizado na formulação de dietas. A FDN_e retrata a fração insolúvel do alimento. A fibra representa a parede celular dos vegetais, composta por lignina, celulose, hemicelulose e elementos minoritários (MACEDO JÚNIOR et al., 2007).

Em ruminantes, 50% da energia metabolizável são supridas pela celulose e hemicelulose (VAN SOEST, 2018), enquanto, a taxa de degradação, em nível de rúmen, de ambas varia de 25 a 90% e 45 a 90%, respectivamente (MEDEIROS et al., 2015). Em novilhas, 40 a 80% de volumoso podem ser ofertados. Com o crescimento do animal as suas demandas por FDN_e e FDA vão aumentando e as necessidades de energia e proteína diminuindo (SOUZA, 2009).

Como os ruminantes não possuem enzimas para digerir lignina, celulose e hemicelulose, que são carboidratos estruturais complexos, os mesmos foram evoluindo para viver em simbiose com microrganismos, onde por meio destes, conseguem aproveitar a fibra da dieta através do processo fermentativo. A ação dos microrganismos do rúmen na fibra produz ácidos graxos voláteis (AGV's), que é um produto essencial aos animais. Nos alimentos volumosos, o principal AGV produzido é acetato, em média de 75%, que por sua vez é usado na lipogênese (SANTANA NETO et al., 2012). O ácido butírico e acético são responsáveis pela gordura do leite (ALVES et al., 2016), mas outros AGV's importantes na nutrição de ruminantes são produzidos nesse processo.

A importância da razão volumoso:concentrado está relacionada ao consumo e parâmetros de fermentação do alimento, que pode ser influenciada pelo tipo de alimento, características nutricionais e pelo animal. Dessa forma, a taxa de crescimento microbiano no

rúmen é afetada pela fermentação da dieta. Para manter níveis de microrganismos em quantidades suficientes, à dieta deve ter quantidades mínimas de nitrogênio amoniacal (N-NH_3) (GRANJA-SALCEDO, RIBEIRO-JUNIOR e CARILHO-CANESIN, 2016).

A bactéria necessita de energia disponível para converter NH_3 em proteína microbiana, energia esta oriunda de uma fonte de carboidrato. Por causa deste processo é que bovinos de leite tem suas demandas de proteína e de aminoácidos supridas, pois cerca de 50 a 90% atingem o duodeno. Quando não tem carboidratos disponíveis na dieta, as bactérias ruminais equilibram essa falta através da desaminação dos aminoácidos em NH_3 . Porém, a energia vinda desse processo é insuficiente, ocorrendo o acúmulo de NH_3 no rúmen e, em seguida, no sangue (REIS, SOUZA e OLIVEIRA, 2009). Assim, para que os microrganismos produzam a proteína microbiana é necessário que ocorra a presença de N e uma fonte de energia prontamente disponível. Caso esse sincronismo não ocorra, a síntese de proteína microbiana será prejudicada (OLIVEIRA et al., 2016).

Em casos de forragens de baixa qualidade, uma forma de melhorar o seu valor nutritivo, por exemplo, é através da adição de ureia ou amônia para disponibilizar o NNP junto ao melaço, atendendo 16% de PB. Este manejo deve ser feito com níveis equilibrados da razão enxofre:nitrogênio (1:12), pois esse fator pode restringir a síntese da microbiota ruminal (VAN SOEST, 2018). Pinto, Pereira e Mizubuti (2003), em estudo sobre características nutricionais e formas de utilização da cana-de-açúcar, concluíram que esse alimento por ser desprovido de minerais e proteínas, é necessário a adição de suplementação. Essa suplementação pode ser feita, por exemplo, com ureia. Sua indicação é de 0,5 a 1% na cana-de-açúcar e 0,5% em silagens (RECH, 2013), 2% em 70 a 90% da MS em volumosos secos, 1% em 20 a 40% da MS em volumosos úmidos e até 3% no concentrado da ração (GOES, SILVA e SOUZA, 2013).

A ureia contém 45% de N em sua composição e cada 1g de ureia tem N equivalente a 2,81 de proteína verdadeira (PV). A degradação de ureia no rúmen gera amônia (NH_3^+), que é utilizada pelos microrganismos ruminais para formação de proteína microbiana. Já o cloreto de amônia (NH_4Cl), que possui 26,2% de N e proporcionalmente a 164% de PB é uma alternativa de NNP para ruminantes, pois não possui compostos indesejáveis, sendo de fácil uso e baixo custo. Todavia, a amônia em níveis elevados no animal pode sobrecarregar a eficiência hepática do fígado, podendo ir para a corrente sanguínea, o que provoca intoxicação e até a morte do animal (GUIMARÃES et al., 2018).

Vacas com produção de 25 a 30 kg de leite/dia no início da lactação, alimentadas com 60% de silagem de milho, necessita do uso de 15,5% de PB na matéria seca (MS) ou concentrado contendo 26% de PB na MS (PEREIRA et al., 2005). 14% de PB na MS são

indicados para vacas holandeses mestiças, produzindo em média 13 kg de leite/dia. Teixeira et al. (2010), avaliando o efeito de crescentes teores de concentrados e proteína nas dietas de vacas leiteiras da raça Gir recomendam 23% de concentrado e 12% de proteína bruta na dieta total, pois causam os mesmos efeitos de dietas que possuem níveis mais altos de proteína e de concentrado. Vacas da raça Girolando alimentadas em pastagem de tifton 85 na época seca do ano, suplementada com 40% de proteína, mostram eficiência econômica e produtiva (TEIXEIRA et al., 2019).

Já os alimentos que são constituídos de carboidratos não fibrosos (CNF) (amido, pectina e açúcar) possuem uma digestão mais rápida (OLIVEIRA et al., 2016). Para vacas em alta produção, as recomendações de CNF na dieta são: deficiente < 30% na MS; mínimo de 30 a 32% na MS; aceitável de 30 a 38% na MS; ótimo de 38 a 40% na MS; e, máximo de 42 a 35% na MS (REIS, SOUZA e OLIVEIRA, 2009).

A soja e o milho e, seus derivados, são os alimentos concentrados mais utilizados na alimentação animal. De acordo Borges, Gonçalves e Gomes (2009), a partir destes alimentos, o consumo é aumentado com dietas com níveis acima de 60% de concentrado na MS. O farelo de soja é a fonte proteica considerada padrão, sendo a mais usada na alimentação animal (SILVA, 2004). O farelo de soja oferece 45% de PB em sua composição, valores inferiores a 7% de FB, altas quantidades de metionina e lisina, 44% de ácido linoleico, 18% de ácido oleico e 16% de ácido palmítico (FARIA JUNIOR, et al., 2009). Mota et al. 2002, cita que de acordo o NRC 1989 à dieta de vacas leiteiras de alta produção deve conter entre 17 a 18% de PB, sendo que desta porção, 35% deve pertencer a PDR e 65% deve pertencer a PNDR. No entanto, após três semanas de parto a porção de proteína na dieta deve ser de 18,5 a 19%.

As proteínas são classificadas de acordo a sua solubilidade, como as fibrosas, que demandam maior tempo para a degradação quando comparadas com as proteínas solúveis (SANTOS, 2006). O percentual ideal de proteína solúvel é de 30% (MENEGETTI e DOMINGUES, 2008). O teor médio de N das proteínas é de 16%, com 52,5% de carbono, 21,5% de oxigênio e 6,9% de hidrogênio. As proteínas são degradadas a aminoácidos durante a digestão e absorvidas pelo trato digestório, onde em cada tecido específico irá formar novas proteínas (ANDRIGUETTO et al., 2002).

Os aminoácidos oriundos da proteína não degradável no rúmen (PNDR) e da proteína microbiana (PM) atendem as necessidades de proteína para bovino. Quando maior a eficácia da síntese microbiana e o consumo de proteína não degradável (PND), maior será a passagem de aminoácidos para o intestino do animal. Dessa forma, as quantidades ideais de PNDR e PDR são indispensáveis para melhorar a performance de bovinos de corte (GUIMARÃES et al.,

2015). Estes mesmos autores, revisando exigência proteica para bovino de corte, afirmam que bovinos jovens com peso inferior a 350 kg de PV com altas quantidades de PDR da dieta, tem seu desempenho limitado devido à baixa efetividade da Proteína Microbiana (PM). Já animais com peso acima de 350 kg de PV, a PV pode ser substituída pelo nitrogênio não proteico (NNP), pois após o animal atingir esse peso os microrganismos ruminais são capazes de usarem o NNP para produzirem PM de alto valor biológico.

O milho é considerado um alimento padrão da dieta energética utilizada em escala comercial na alimentação animal. Comumente é ofertado na forma de quirera ou fubá. Para bovinos leiteiros, a indicação média é de 3 kg por unidade animal (U.A.). O milho possui alta digestibilidade, pouca quantidade de fibra, teor médio de cálcio de 0,025%, fósforo 0,25%, 8,0 a 13,0% de ácido graxo palmítico, 55,0 a 62,0% de ácido linoleico, 24,0 a 32,0% de ácido oleico, NDT maior que 85,0% com altos níveis de ENN e energia. A proteína do grão está em maior parte 74% no endosperma (PEREIRA et al. 2009). Para bovinos pode ser ofertado em até 70% na ração (GOES, SILVA e SOUZA, 2013).

O excesso de milho na dieta pode comprometer a digestão do amido, que de acordo Santos (2006) é degradado em maior parte no rúmen. Segundo Medeiros e Marino (2015), essa digestibilidade do amido no rúmen é de 44% para o milho quebrado e, em média, 60 a 65% para o milho moído. Altos teores de amido na dieta podem levar a queda do pH, ocasionalmente, ocorrendo sinais de laminite, acidose, redução na capacidade corporal e diminuição da gordura do leite (MENEGETTI e DOMINGUES, 2008).

Apesar de o milho e do farelo de soja serem bastante indicados na produção animal, os altos custos de aquisição oneram a atividade. Além disso, o uso desses alimentos na produção animal compete com a alimentação humana. Tendo em vista a necessidade de se atender a demanda de mercado, mas preocupando-se com o aumento dos custos de produção, uma alternativa é o uso de alimentos que torne a atividade menos onerosa, sem causar depreciação na produção. Para isso é necessário conhecer os tipos de alimentos comumente utilizados na alimentação do rebanho. O uso de coprodutos, que atendam às exigências nutricionais dos animais, ganha importância para composição parcial de dietas.

2.2 Uso de coprodutos na alimentação animal

Os coprodutos são resíduos oriundos dos processamentos industriais de um produto específico que gera um novo produto (subproduto). A indústria do biodiesel, por exemplo, gera coprodutos que podem ser usados como alimentos alternativos na dieta de animais ruminantes.

Na produção animal, os custos com alimentação são em média 70%. O uso de coprodutos se torna uma alternativa viável na dieta para animais. Logo, diversos coprodutos estão sendo avaliados em termos de quantidade e valor nutricional para substituição a alimentos padrão (milho e farelo de soja). A utilização de coprodutos além de ser uma alternativa na diminuição dos custos com a alimentação causa redução de impactos ao meio ambiente.

No Brasil, os principais suplementos proteicos usados na suplementação de bovinos são farelo de soja, farelo de algodão, caroço de algodão e ureia (GUIMARÃES et al., 2015). Algumas leguminosas também podem ser usadas na alimentação animal, mas possuem fatores antinutricionais como, taninos, hemaglutininas, inibidores enzimáticos e da protease. A soja, por exemplo, possui inibidores de tripsina, mas que são eliminados com o processo de altas temperaturas (SILVA, 2004; FARIA JUNIOR, et al., 2009).

Os coprodutos da soja são: farelo de soja e casca de soja. O farelo é usado mundialmente (proteico padrão) e não possui restrições de utilização na alimentação animal. A casca de soja é um volumoso que exhibe alta degradação e que possui como carboidrato a pectina, o que permite o seu uso em dietas compostas de concentrados (BOMFIM et al., 2009). Para bovinos confinados, o resíduo de soja é uma fonte de proteína e maiores quantidades na dieta aumentam o ganho de peso gradativo dos animais (MELLO, BUENO e MECEDO, 2014).

O farelo de soja é amplamente usado na alimentação animal; esse subproduto é proveniente da extração do óleo do grão de soja. Durante esse processo o valor nutricional do farelo de soja aumenta, pois o aquecimento reduz os fatores antinutricionais que para bovinos abaixo de quatro meses se torna prejudicial. Os níveis de PB do farelo de soja são em média de 44 a 48%; mas, esse valor depende da quantidade de casca presente (THIAGO e SILVA, 2003). O farelo de soja é considerado um alimento padrão na alimentação de ruminantes, ao passo que a casca de soja é um coproduto.

A casca de soja é um coproduto proveniente da extração do óleo de soja e não passa por tratamento térmico. Porém, independentemente do princípio de obtenção apresenta elevadas oscilações na função ureática, que para ruminante tem se mostrado uma boa alternativa alimentar (SILVA, 2004). A casca de soja é um suplemento 80% energético quando comparada com o grão de milho, mas com quantidade de fibra superior. É recomendável de 15 a 20% para bovinos de corte e de 0 a 8% para vacas leiteiras (SILVA, 2004). A casca de soja possui boa palatabilidade e digestibilidade (90%), e tem 2% de lignina e 74% de FDN. A sua substituição ao volumoso em até 40% não afeta a produção de acetato nem a gordura do leite, e substitui 20 a 30% do concentrado energético (GOES, SILVA e SOUZA, 2013).

Andrade e Quadros (2011) estudaram a composição química da casca de soja e sua amonização, e concluíram que ao utilizar ureia, a casca de soja, mostrou-se uma boa alternativa para ruminantes devido ao aumento de proteína e menores quantidades de fibras. Os níveis de ureia recomendados são de 200mg/dia para 50/100 kg de PV do animal, 3% na MS do concentrado, 1% na MS da ração e a proteína da dieta pode ser substituída por até 25 a 33% de ureia (GOES, SILVA e SOUZA, 2013).

Em termos de algodão, diversos coprodutos derivados podem ser usados na alimentação animal, tais como farelo, torta, caroço e casca. O caroço de algodão é um concentrado proteico. Para vacas leiteiras, o caroço de algodão pode ser ofertado em até 3,5 kg/dia. Para evitar a liberação do óleo, o caroço não deve ser moído nem amassado (RECH, 2013). Rocha Junior et al. (2003), encontraram no caroço de algodão, 23,56% de PB na MS; 20,31% de EE na MS; 41,95% de FDN na MS; 30,88% de FDA na MS; e, 3,56% de lignina.

A casca de algodão pode ser apresentada de duas formas: 43% de PB (baixas quantidades de lisina e triptofano) e com 36% de PB (apresentando FDN de 52%). Já o farelo de algodão pode apresentar, 26% de PB e 25% de FB; 35% de PB e 16% de FB; e, 45% de PB e 10% de FB. O farelo de algodão pode ser usado em substituição ao farelo de soja, compondo até 5% da dieta (GOES, SILVA e SOUZA, 2013).

Os principais subprodutos do milho usado na alimentação para bovinos leiteiros são: casca do grão de milho, farelo de milho, farelo de gérmen de milho, farinha desengordurada do germe, farelo proteinoso de milho, farelo e farinha de glúten, canjica de milho e liquor (PEREIRA et al. 2009). Outros produtos do milho podem ser usados na alimentação animal, como: palhada, rolão de milho (planta inteira), palha e sabugo (GOES, SILVA e SOUZA, 2013).

O farelo ou farinha de glúten de milho é um subproduto usado na alimentação de ruminantes em substituição ao farelo de soja, no entanto, não é recomendado para substituir a proteína da dieta, já que ambos possuem perfil aminoacídico diferentes (MENEGETTI e DOMINGUES, 2008). É encontrado no mercado com os seguintes nomes: Promil e Refinasil (GOES, SILVA e SOUZA, 2013). Para esse coproduto, Rocha Junior et al. (2003), encontraram 23,22% de PB na MS; 3,88% de EE na MS; 37,70% de FDN na MS; 10,85% de FDA na MS; e, 1,48% de lignina.

Outro subproduto do milho é o farelo proteico, que compõe a fibra digestível, uma quantidade do glúten, amido, e parte de proteína restante do processamento inicial de partição e adição de água de maceração. Pode ser ofertado na dieta na sua forma seca ou úmida. Na forma úmida possui pH em média de 4,0; com 40% de MS e 9,5% de PB. Esse subproduto

também denominado “wet corn gluten feed” é amplamente utilizado nas dietas de vacas de leite e bovino de corte na Argentina, México, Canadá e nos Estados Unidos (MENEGETTI e DOMINGUES, 2008). Retore et al. (2010), encontraram na composição química desse subproduto, 27,59% de PB; 6,92% de lipídios; 52,52% de fibra total; 43% de FDN; 10,62% de FDA; 1,70% de lignina; e, 8,23% de fibra solúvel.

Além do uso de coprodutos de oleaginosos, existem outros coprodutos empregados na alimentação animal, entre eles, resíduos agroindustriais de frutas, resíduos de agroindústria de farinha, resíduos da indústria de cerveja, resíduos de indústria do álcool, entre outros.

Entre os coprodutos que substituem os volumosos, têm-se as palhas, cascas e bagaço. Já entre os concentrados, pode-se citar o caroço de algodão, coprodutos da mandioca, coprodutos da extração de biodiesel e óleo vegetal, e os coprodutos de frutas (RICARDO, ORRICO JUNIOR e FERNANDES, 2015). Silva et al. (2014), definiram o valor nutritivo de resíduos agroindustriais para a alimentação de ruminantes, classificando-os como: concentrados proteicos (torta de girassol, torta de licuri e resíduos de cervejaria); alimentos volumosos (resíduo da uva, maracujá, graviola, acerola e torta de dendê); energéticos (resíduo de cacau, de abacaxi, raspa de mandioca, mucilagem de sisal e feno de sisal); e, concentrado proteico e energético (torta de amendoim). Todos esses resíduos são indicados como alternativas na alimentação animal.

Geron et al. (2010), avaliando a inclusão de resíduo de cervejaria fermentado para vacas leiteiras, concluíram que em níveis de 15% de inclusão na ração não prejudicou a qualidade do leite, melhorou a digestibilidade da MS, extrato etéreo (EE) e PB sem modificar o consumo dos nutrientes. Silva et al. (2014) encontraram a seguinte composição química desse resíduo: 29,27% de PB na MS; 27,76% de FDN na MS; 9,05% de lignina na MS; e, 17,67% de CNF na MS.

Nos resíduos de frutas concentrados energéticos, Silva et al. (2014), encontraram no resíduo do cacau a composição: 17,45% de PB na MS; 24,04% de EE na MS; 42,63% de FDN na MS; 21,42% de lignina na MS; e, 13,17% de CNF na MS; no resíduo de abacaxi: 9,25% de PB na MS; 0,59% de EE na MS; 42,6% de FDN na MS; 3,50% de lignina na MS e 45,00% de CNF na MS; no resíduo de uva: 11,55% de PB na MS; 7,50% de EE na MS; 51,46% de FDN na MS; e, 28,15% de lignina na MS; no resíduo de maracujá: 7,74% de PB na MS; 8,24% de EE na MS; 48,13 de FDN na MS; e, 17,85% de lignina na MS; no resíduo de graviola: 6,7% de PB na MS; 2,96% de EE na MS; 42,61% de FDN na MS; e, 11,47% de lignina na MS; e, no resíduo de acerola: 9,01% de PB na MS; 2,51% de EE na MS; 51,22% de FDN na MS; e, 17,04 de lignina na MS.

Os resíduos de frutas cítricas também são usados na alimentação animal. O resíduo de laranja, por exemplo, é indicado para bovino leiteiro, uma vez que tem em sua composição, a pectina (carboidrato estrutural), sendo assim altamente degradável. No rúmen, este elemento favorece a formação de ácido acético que é responsável pela gordura do leite. Além disso, esse resíduo apresenta elevados teores de carboidratos solúveis (RECH, 2013).

O sisal (mucilagem) deve ser ofertado aos animais após o desfibramento (coprodutos). A sua oferta deve ser evitada na sua forma *in natura*, e necessita compor à dieta de concentrado, feno e silagens, evitando a oferta de forma individual (SANTOS et al., 2013). Brandão et al. (2011), avaliando a planta e os coprodutos de sisal na alimentação de ruminantes, concluíram que o feno, a silagem e o coproduto amonizado, podem ser usados como volumosos na alimentação de ruminantes, sendo que a amonização da mucilagem aumentou os níveis de proteína bruta e diminuiu o CNF. Para a mucilagem de sisal Silva et al. (2004), encontraram 4,55% de MS; 4,06% de PB na MS; 0,94% de EE na MS; 26,58% de FDN na MS; e, 19,94% de FDA na MS. Já para o feno de sisal, Santos e Pedroso (2011), encontraram 78% de MS; 6,3% de PB na MS; 2,5% de EE na MS; 31,9% de FDN na MS; e, 22,8% de FDA na MS.

Para a mandioca, Pinheiro et al. (2011), em estudo sobre inclusão de bagaço de mandioca na dieta de vacas em lactação, verificaram que esse coproduto pode ser adicionado à dieta em níveis de até 15% sem afetar o comportamento ingestivo. A composição química da casca de mandioca foi de: 88,27% de MS, 3,28% de PB, 8,12 de FDN, 76,20% de amido. A casca de mandioca é obtida durante a produção de farinha, com a casca e os resíduos da mandioca desidratados ao sol dando origem a casca de mandioca (CALDAS NETO et al. 2000).

O farelo de amendoim atinge 53% de PB, já a torta apresenta mais de 40% de óleo, o que pode ser um limitante na sua utilização (BOMFIM et al., 2009). Silva et al. (2014), avaliando a torta de amendoim, encontraram valores semelhantes de PB na MS (45,35%), no entanto, apenas 13,94% de EE na MS.

As principais vantagens do uso de coprodutos estão associadas à redução dos custos, maior disponibilidade de alimentos no momento da formulação da dieta, já que muitos, já contém nutrientes desejados, e a facilidade de processamento, uma vez que a maioria deles já se encontra na forma ideal de uso (farelo ou pellets). As desvantagens estão associadas à aquisição durante todo o ano, a falta de informações nutricionais de alguns tipos de resíduos e a oferta adequada a cada fase de vida do animal. Alguns subprodutos possuem pouco tempo de vida útil, o que dificulta o transporte, a conservação nutricional, manipulação e armazenamento (MENEGETTI e DOMINGUES, 2008; GIORDANI JUNIOR et al., 2014).

Os coprodutos citados anteriormente, apesar de seus potenciais de uso na alimentação animal, em alguns casos ainda são de difícil aquisição devido à indisponibilidade em algumas regiões. Assim é muito importante conhecer outros coprodutos que também podem ser usados na alimentação de ruminantes, por exemplo, as tortas provenientes de sementes oleaginosas obtidas durante o processo de extração do óleo nas indústrias de biodiesel.

2.3 Uso de tortas na alimentação de vacas leiteiras

Na indústria de biodiesel, a extração de óleo de grãos de oleaginosas gera coprodutos como as tortas, que possuem características que permitem o uso na alimentação de animais ruminantes com substituição parcial da dieta. A inclusão de níveis de gorduras na dieta a partir de derivados de tortas também pode mitigar a quantidade de metano entérico, além disso, algumas culturas oleaginosas favorecem o sequestro de carbono (ABDADALLA et al., 2008).

A adição de gorduras (lipídeos) na dieta é muito importante, pois permite reduzir o consumo de matéria seca em até 20%, sem alterar parâmetros fermentativos de vacas leiteiras da raça Holandesa (VARGAS et al., 2002), porém, promove queda de butirato e aumento do pH. A inclusão de até 7% de lipídeos (a partir de grão moído de soja ou de óleo de soja desengomado) não altera a composição química nem a produção de leite de vacas leiteiras (SANTOS et al., 2001).

A adição de ácidos graxos poli-insaturados e da gordura protegida em formato de sais de cálcio proporciona um bom balanço hormonal e metabólico, quando adicionados às dietas lipogênicas e glicogênicas de vacas primíparas em período de transição. A redução no teor de ácidos graxos não esterificados justifica o uso de aditivos nesta fase para aumento do balanço energético (ARTUNDUAGA et al., 2018).

Diversos pesquisadores tem estudado a composição química dos mais variados tipos de tortas provenientes da indústria do biodiesel (Tabela 1).

As tortas exibem em sua composição, quantidades variáveis de gorduras residuais, que em quantidades ideais podem favorecer o desempenho animal. Por isso, diversas pesquisas avaliam a quantidade de gordura e seus efeitos nas dietas de vacas. Segundo o NRC (2001), o teor de gordura adicionada na dieta de vacas leiteiras não pode ultrapassar 6 a 7% na MS. Logo, conhecer a composição nutricional de tortas comumente usadas na dieta de vacas leiteiras e seus efeitos nos parâmetros de desempenho, produção e qualidade do leite é essencial para recomendação do seu uso parcial nas dietas.

Tabela 1. Composição química, %, na matéria seca de distintas tortas.

	MS	PB	FDN	FDA	EE
Torta de Algodão (<i>Gossypium hirsutum</i>)	90,24	34,69	8,50	-	-
Torta de Girassol (<i>Helianthus annuus</i>)	97,18	27,33	39,53	28,71	4,19
Torta de Amendoim (<i>Arachis hypogaea</i> L.)	95,83	46,81	14,73	11,93	9,55
Torta de Dendê (<i>Elaeis guineenses</i>)	90,77	13,81	74,45	45,13	8,89
Torta de Mamona (<i>Ricinus communis</i>)	90,96	30,95	45,40	40,22	4,15
Torta de Babaçu (<i>Orbigya speciosa</i> (Barb.) Rodr.)	91,92	16,24	76,50	43,18	6,35
Torta de Licuri (<i>Syagrus coronata</i>)	86,10	6,40	52,90	38,00	7,70

Fonte: Adaptado de NEVES et al. (2014).

A torta de algodão é um alimento proteico, obtido através da remoção do óleo do grão após ser macerado. A torta de algodão pode ser de dois tipos: magra (com 2% de resíduo de óleo) e gorda (com 5% de resíduo de óleo). Para vacas produtoras de leite é recomendado níveis de até 20% na dieta (GOES, SILVA e SOUZA, 2013). Brandão et al. (2013) encontraram na torta de algodão, 40,4% de PB na MS; 67,3% de FDN na MS; 33,9% de FDA na MS; e 7,6% de EE na MS.

A torta de girassol é um coproduto proveniente da prensagem a frio do grão, que possui alto teor de fibra. O girassol possui alta adaptação edafoclimática, com capacidade de ser cultivada em diversas regiões de clima seco (COSTA et al., 2015). Oliveira et al. (2007), avaliando a composição química da torta de girassol encontraram: 91,90% de MS; 22,90% de PB na MS; 15,53% de EE na MS; 38,33% de NDN na MS; 29,23% de FDA na MS; e, 3,90% de MM na MS. Esses autores concluíram que a torta de girassol pode substituir o farelo de soja em até 50%. No entanto, o elevado teor de EE (20 a 22%) pode causar queda no desempenho animal quando é o único alimento ofertado. Com PNDR menor do que 10% deve ser fornecida em até 1,5 kg por dia ou no máximo 20% do concentrado (GOES, SILVA e SOUZA, 2013). O teor de proteína bruta da torta de girassol é de 20 a 22%, enquanto que o teor de fibra bruta é de 21 a 23% (ABDADALLA et al., 2008).

Com valores nutritivos superiores aos demais resíduos agroindustriais, a torta de amendoim possui alto potencial proteico e energético, e de teores de nutrientes digestíveis totais (NDT) e digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) (SILVA et al., 2014). Apresenta 41 a 45% de PB, 8 a 9% de EE e 14 a 15% de FB (ABDADALLA et al., 2008). A sua adição até 100% em substituição ao farelo de soja para vacas em período de lactação aumenta o teor de

ácidos graxos poli-insaturados e reduz o teor dos ácidos graxos saturados (palmítico, mirístico e láurico) (CERUTTI et al., 2015).

A torta de mamona tem em sua composição 39 a 43% de PB, 4% de EE e 18 a 20% de FB (ABDADALLA et al., 2008), sendo uma boa alternativa para compor a dieta de ruminantes. A mamona submetida aos processos agroindustriais gera 50% de torta e 30% de óleo, no entanto, precisa passar por um processo de desintoxicação antes de ser ofertada ao rebanho (BOMFIM, SILVA e SANTOS, 2009). Antunes et al. (2019), avaliando a degradação ruminal da proteína bruta, matéria seca e a fração fibrosa da torta de mamona, torta de algodão e farinha de girassol, concluíram que ambos podem ser utilizados na alimentação de ruminantes, porém, a farinha de girassol propiciou melhores resultados em relação aos parâmetros ruminais. A substituição de silagem de milho pelo subproduto da mamona em até 30% não afeta a degradação da matéria seca (MEDEIROS et al., 2015).

A torta de dendê é um alimento volumoso proveniente da indústria de biodiesel que também tem sido usado na alimentação animal (SILVA et al., 2014). Possui baixos níveis de PB (18,87%) e elevada quantidade de fibra com FDN >79% e 8,54% de óleo. Esse volumoso é altamente digestível e oferece bons níveis de energia (BOMFIM et al., 2009). De acordo com Brandão et al. (2013), a torta de dendê pode ser usada como aditivo, associada ao coproduto de desfibramento de sisal, que é uma alternativa alimentar, pois melhora os níveis de PB e MS das silagens. Em estudos realizados por esses autores, a torta de dendê apresentou 91,1% de MS; 12,5% de PB na MS; 74,3% de FDN na MS; 48,7% de FDA na MS; e, 8,5% de EE na MS. Maciel et al. (2012), avaliando consumo e digestibilidade de vacas leiteiras em crescimento, alimentadas com torta de dendê, concluíram que o desempenho e o consumo de nutrientes pode ser reduzido com a inclusão desse coproduto, mas quando adicionada em até 26,6% da dieta total, proporciona ganho de peso quando comparada com o ganho em grama obtido por animais em recria com parto aos 24 meses.

A torta de babaçu possui boa palatabilidade, alto valor biológico, 24% de PB e teor de óleo de 2,7 a 7,7%, contudo, devido ao alto teor de óleo pode rancificar facilmente. Na alimentação de vacas leiteiras é capaz de elevar o teor de gordura do leite. A inclusão na dieta é de até 1,5 a 1 kg por dia ou 20% no concentrado (GOES, SILVA e SOUZA, 2013). Araújo et al. (2019), avaliando o uso de torta de babaçu na alimentação de vacas em lactação, verificaram que esse coproduto pode substituir até 25% do milho da dieta, sem afetar a produção de leite em 13 kg de leite/dia.

A torta de pinhão-mansão, por sua vez, pode ser um alimento tóxico devido à presença de fatores antinutricionais como inibidores de tripsina, lecitinas (cursina), ácido fítico,

saponinas e terpenos, que atuam sobre as enzimas proteolíticas do pâncreas, reduzindo a capacidade na digestão de proteínas, e com prejuízos ao crescimento dos ruminantes. Embora não se tenha comprovação de níveis recomendados, a torta de pinhão-manso na dieta deve ser antes desintoxicada (BOMFIM, SILVA e SANTOS, 2009). O pinhão-manso apresenta em sua composição 25 a 60% de PB, 4 a 12% de EE e 40 a 45% de FB (ABDADALLA et al., 2008). A substituição de silagem de milho pela torta de pinhão-manso em até 30% não afeta negativamente a degradação da matéria seca (MEDEIROS et al., 2015).

Torta de crambre também é um suplemento proteico, com potencial de uso na alimentação animal, que possui de 30 a 32% de PB (GOES, SILVA e SOUZA, 2013) e 854,89 mg/100g de cálcio em sua composição (SOUZA et al., 2009). No entanto, sua utilização deve ser criteriosa, uma vez que, resultados mostram que a adição desse coproduto na dieta varia de acordo com sistema adotado, categoria animal, estado nutricional e ainda pela composição nutricional do alimento. Para vacas terminadas em pastagem, a torta de cambre pode ser adicionada à dieta em até 15% da matéria seca no concentrado, sem afetar negativamente a carcaça e o desempenho animal (TONISSI et al., 2016). Esses autores encontraram na composição química do cambre valores de 26,19% de PB, 18,27% de EE%, 30,23% de FDN, 19,44% de FDA.

A torta de moringa vem sendo recentemente estudada como possível alimento eficiente na redução da metanogênese em bovinos. Olivares-Palma et al. (2013), avaliando diferentes tortas oleaginosas na redução de metano, concluíram que a torta de moringa adicionada em 400g/kg na matéria seca, quando comparada com glicerina e farinha de soja, apresenta um maior potencial na redução de metano, sem afetar a degradação dos nutrientes. O nível recomendado de moringa em substituição a silagem de milho é de 27,06% (MEDEIROS et al., 2015).

Outros tipos de tortas de sementes oleaginosas provenientes da indústria de biodiesel são mencionados na literatura como alternativa na alimentação de ruminantes, tais como: torta de gergelim com 36 a 40% de PB, 12 a 13% de EE e 5% de FB (ABDADALLA et al., 2008); torta de semente de seringueira, com 66% de NDT e 25% de PB (IAC, 2019); torta de coco com 18 a 26% de PB, 25 a 45% de NDT e 12% de fibra bruta FB, com valor biológico superior ao milho e inferior ao amendoim e a soja, apresentando boa adaptabilidade (GOES, SILVA e SOUZA, 2013); torta de Canola com 32 a 36% de PB, 22 a 24% de EE e 7 a 8% de FB (ABDADALLA et al., 2008); torta de licurí com composição química de 86,1% de MS; 6,4% de PB na MS; 52,9% de FDN na MS; 38% de FDA na MS, e 7,7% de EE na MS (BRANDÃO et al., 2013); e, a torta de nabo forrageiro, considerada um alimento proteico com teor de fibra

de 29,74% de FDN, >16% de EE e >37% de PB, e com energia próxima ao farelo de soja (BOMFIM, SILVA e SANTOS, 2009).

Devido à grande variação da composição química de tortas provenientes da indústria do biodiesel, torna-se necessário um agrupamento de informações nutricionais desses coprodutos, permitindo relacionar seus efeitos com o desempenho animal. Além disso, é necessário relacionar o custo de aquisição de determinada dieta com o ganho na produção. Logo, métodos estatísticos como a meta-análise podem ser empregados na avaliação nutricional dos alimentos, direcionando o produtor no momento da escolha.

2.4 Breve histórico da meta-análise e suas aplicações

A meta-análise é um recurso estatístico apto a ser usado para conjugar respostas oriundas de diferentes trabalhos primários (RODRIGUES; ZIEGELMANN, 2010; SANTOS; CUNHA, 2013; BREI; VIEIRA; MATOS, 2014), permitindo avaliar de forma definitiva suas combinações; sendo um importante aliado na tomada de decisão.

A etimologia da meta-análise é de origem grega, onde $\mu\epsilon\tau\alpha$, quer dizer “depois de” e $\alpha\nu\acute{\alpha}\lambda\upsilon\sigma\eta$ que possui significado de “análise” (BICUDO, 2014). Cochran (1954), conduziu os primeiros estudos que combinaram dados experimentais independentes. Mais tarde, Mantel e Haenszel (1959) publicaram um método que serviu como modelo para essa modalidade de estudo. Acredita-se que esse método fundamentou a meta-análise, que foi aplicada primeiramente nas ciências sociais, logo depois, na medicina humana, e mais à frente na agricultura (LOVATTO et al., 2007).

A expressão “meta-análise” surgiu em 1976 em estudos filosóficos por Gene Glass (PINTO, 2013). Na medicina, Karl Pearson teria sido o primeiro pesquisador a recorrer de métodos protocolais com o objetivo de relacionar diferentes trabalhos (BICUDO, 2014). Apesar de ser empregada com maior frequência em algumas áreas, o estudo meta-analítico pode ser usado em muitas áreas do conhecimento (RODRIGUES; ZIEGELMANN, 2010). Na saúde humana, a meta-análise tem alcances em diversos campos de estudos com o intuito de avaliar fatores relacionados a diferentes questões, facilitando o prognóstico antecipado, e consequentemente possíveis conclusões (TAVARES et al., 2018).

Na agricultura, a meta-análise é potencialmente empregada, por exemplo, em experimentos de melhoramento vegetal e zoneamentos agrícolas, onde os dados coletados de mapas permitem averiguar a produtividade de culturas. O sensoriamento remoto é uma ferramenta aliada nessas pesquisas meta-analíticas, por meio do uso dados de satélites que

captam informações terrestres (Landsat, SPOT e CBERS). Os satélites (NOAA e GOES) e os radares (ERS, JERS e Radarsat) meteorológicos coletam dados por um ou mais sensores que captam uma série de informações quantitativas e numéricas que podem ser tratadas por intermédio da meta-análise (LUIZ, 2002). Logo, a meta-análise na agricultura tem contribuído para indicadores sociais, ambientais e sustentabilidade, relacionando suas complexidades com ênfase na viabilidade de técnicas como plantio direto, manejo do solo, agroquímicos, agroindustrialização e conservação dos recursos naturais.

Recentemente na ciência animal, a técnica de meta-análise tem sido aplicada em diferentes áreas de estudos, entre elas: bovinocultura de corte (GIANNOTTI; PACKER; MERCADANTE, 2005); pecuária leiteira (SÁNCHEZ-DUARTE et al., 2019); avicultura de corte (NASCIMENTO et al., 2011; BOEMO et al., 2015) e de postura (AHMADI; RODEHUTSCORD, 2012; MIGNON-GRASTEAU et al., 2014; FARUK; ROOS; CISNEROS-GONZALEZ, 2018); reprodução de gansos (LIU et al., 2020); suinocultura (HAUPTLI; LOVATTO; HAUSCHILD, 2007; ROSSI et al., 2008; ANDRETTA et al., 2009; OLSEN et al., 2019); cunicultura (FALCONE; SILVA, 2019); piscicultura (KALANTZI; KARAKASSIS, 2006; MARTINEZ-GARCIA et al., 2013); e, organismos aquáticos (G.LOPES et al., 2020). Além disso, meta-análises mais recentes foram conduzidas na avaliação da saúde (KWAN; YAMADA; SUIGIURA, 2017; TAGHIPOUR et al., 2020; ANVARI et al., 2020), nutrição (KRASUSKA; WEBB, 2018) e comportamento (HRADECKÁ et al., 2015) de cães domésticos. Do mesmo modo, riscos de doenças pandêmicas em humanos, causadas por animais silvestres na China foram estudados com uso de meta-análise (CHEN et al., 2019).

2.5 Etapas na condução de uma meta-análise

As etapas da meta-análise são constituídas por quesitos operacionais, de coleta e de execução de dados, além da realização de análises e obtenção de resultados (SHELBY; VASKE, 2008). No entanto, alguns cuidados devem ser considerados no momento de aplicar a meta-análise. Por exemplo, adequar os dados à finalidade do estudo, o que pode ocasionar tendenciosidade dos resultados (LUIZ, 2002). Desse modo, algumas etapas são decisivas no momento de conduzir um estudo meta-analítico.

Poucos trabalhos relatam práticas e metodológica para condução de meta-análise aplicada às ciências animais. Apesar disso, Sauvante, Schmidely e Daudin (2005) mostraram etapas importantes de uma meta-análise aplicada na nutrição animal (Figura 1). Posteriormente,

Lovatto et al. (2007), realizaram um trabalho semelhante, tratando das metodologias de uma meta-análise voltada para produção animal. No ano seguinte Sauvant et al. (2008) atualizaram essas informações. De acordo com esses trabalhos realizados por Sauvant, Schmidely e Daudin (2005), Lovatto et al. (2007) e Sauvant et al. (2008), as etapas metodológicas para a condução de uma meta-análise aplicada à produção e nutrição animal podem ser resumidas por:

2.5.1 Definição dos objetivos do estudo meta-analítico

A meta-análise confronta as variáveis explicativas com as variáveis respostas observadas. Desse modo, torna-se necessário relacionar essas variáveis às conclusões obtidas. Por isso, definir os objetivos do estudo é de fato uma etapa inicial primordial. Logo, é necessário conhecer o problema em evidência, para que as etapas posteriores sejam bem planejadas e adequadamente executadas. É a partir dos objetivos do estudo que o pesquisador tomará decisões importantes durante toda a condução da pesquisa. Nessa fase, a equipe envolvida na pesquisa deve dividir as tarefas, considerando habilidades de cada membro com as etapas a serem executadas (SAUVANT; SCHMIDELY; DAUDIN, 2005; LOVATTO et al., 2007; SAUVANT et al., 2008).

2.5.2 Codificação das informações

A codificação inicial é feita com base no trabalho, ou seja, estudos que tratem do mesmo assunto de interesse. O segundo passo da codificação inclui as informações incorporadas no trabalho, afim de identificar, por exemplo, objetivos e o modelo experimental. Codificar essas informações permite uma fácil localização e identificação da modalidade e principais características dos estudos. Quanto mais informações de interesse forem adicionadas mais fácil será interpretar os objetivos (LOVATTO et al., 2007; SAUVANT et al., 2008).

2.5.3 Compilação dos dados

A sistematização das principais informações prevê a seleção e organização do banco de dados, comumente oriundos de trabalhos científicos já publicados. Em situações específicas, o banco de dados pode ser de trabalhos experimentais que ainda não foram publicados. Plataformas digitais podem ser usadas (por exemplo, Periódicos Capes), para seleção de dados conforme a intensão do estudo e, delimitando-os em tempo e amplitude geográfica (LOVATTO et al., 2007).

2.5.4 Filtragem dos dados

O quarto passo se refere à filtragem dos dados, que contribui para uma maior qualidade dos resultados obtidos; sendo esta etapa dividida em três estágios: inicialmente a finalidade do estudo deve ser compatível com os dados; considerando-o aceitável e após passar por uma leitura crítica os erros devem ser registrados. Essa etapa deve ser realizada por profissional qualificado para tal conhecimento. Com a aprovação do estudo é feita uma transferência cuidadosa dos dados escolhidos para o conjunto de dados; e, finalmente, após a inclusão verificar a presença de resultados atípicos, que nessa situação o trabalho deve ser descartado (SAUVANT; SCHMIDELY; DAUDIN, 2005; LOVATTO et al., 2007; SAUVANT et al., 2008).

2.5.5 Investigação gráfica dos dados

No quinto passo é feita uma avaliação do comportamento e características dos dados a partir de uma visualização gráfica. Nesta etapa o pesquisador deve ter uma visão geral, analisando a presença de heterogeneidade e a relação entre os estudos com as circunstâncias experimentais. Essa observação gráfica é muito importante, pois é a partir dela que o pesquisador pode visualizar itens ou experimentos que se apresentam defeituosos e averiguar linearidade dos dados, que permite facilidade na formulação de hipótese e estimativa de variáveis (SAUVANT; SCHMIDELY; DAUDIN, 2005; LOVATTO et al., 2007; SAUVANT et al., 2008).

2.5.6 Análise do dispositivo experimental

Nesta etapa, o pesquisador deve ter conhecimento do dispositivo, com base nas características experimentais para compreensão e interpretação de histogramas, identificar se há variações e efeito significativo das condições experimentais sobre as variáveis estudadas, e analisar o princípio das ponderações experimentais. Desse modo, é uma etapa importante na escolha do método estatístico. E para isso, é necessário conhecer as variáveis do estudo, que podem ser do tipo: discreta ou contínua. Na produção animal, na maioria das circunstâncias ocorre variável resposta contínua, que depende de um fator quantitativo ou qualitativo (explicativo qualitativo ou explicativo quantitativo). Após a escolha do efeito quantitativo ou qualitativo, deve-se julgar fatores de interferências (SAUVANT; SCHMIDELY; DAUDIN, 2005; LOVATTO et al., 2007; SAUVANT et al., 2008).

2.5.7 Práticas pós-analíticas

Após a execução do modelo estatístico é crucial efetuar diferentes processos para entender as limitações da análise e se há necessidade de realizar análises adicionais. Nesta etapa são avaliadas a estrutura da variação dos resíduos e a presença de heterogeneidade nos estudos. Em situações em que há homogeneidade dos resultados são aplicados modelos de efeitos fixos. Já quando os resultados são heterogêneos são usados modelos de efeitos aleatórios (SAUVANT; SCHMIDELY; DAUDIN, 2005; LOVATTO et al., 2007; SAUVANT et al., 2008).

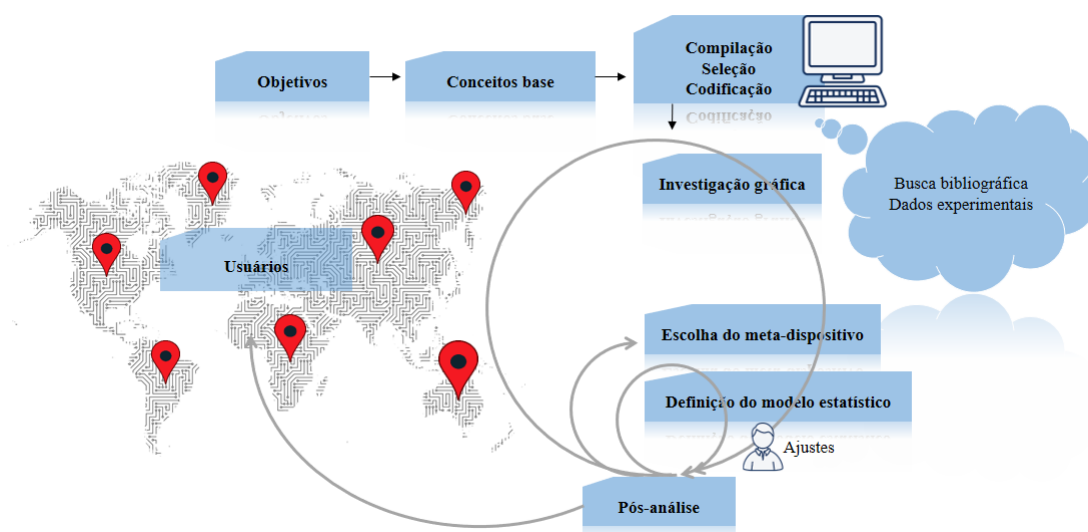


Figura 1. Representação gráfica das etapas meta-analíticas.

Adaptado de Sauvnt, Schmidely e Daudin (2005).

Moher et al. (2009), revisaram instruções para condução de revisões sistemáticas e realizaram evoluções práticas e conceituais das etapas conduzidas nesse tipo de estudo sistemático. Essas etapas foram denominadas de PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses), que consistem em uma série de protocolos sugeridos durante etapas de revisões sistemáticas e meta-análise, e expostas em um fluxograma. Esse protocolo tem como propósito elucidar de forma transparente a condução do estudo. Um exemplo do fluxograma pode ser visualizado na Figura 2. Observe que, as etapas consistem na identificação dos estudos, seleção, elegibilidade e inclusão dos dados nas análises estatísticas meta-analíticas. Apesar de não ser obrigatório a apresentação do fluxograma PRISMA, é possível que a falta dele em estudos com viés de publicação signifique um indicador cuidadoso em trabalhos de revisões sistemáticas. Além do fluxograma, o PRISMA propõe uma relação

com 27 recomendações para condução de revisões sistemáticas e meta-análise, que podem ser acessadas em: 10.1371/journal.pmed.1000097.s002, e usadas como guia (MOHER et al., 2009).

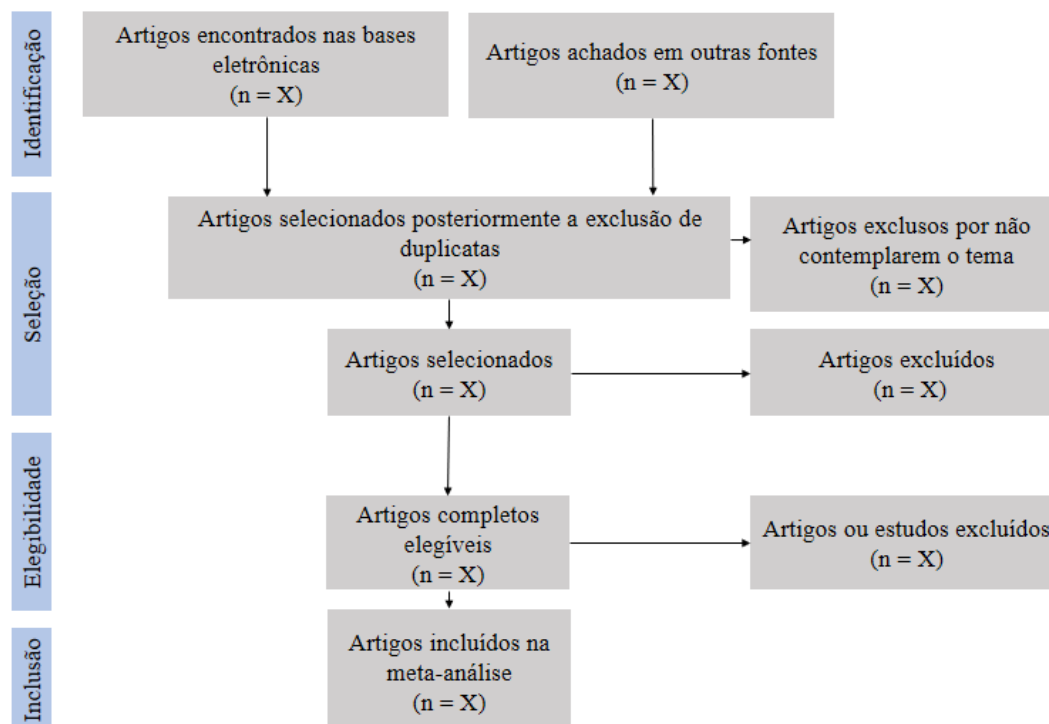


Figura 2. PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses).

Adaptado de Moher et al. (2009).

2.6 Métodos estatísticos usualmente utilizados na meta-análise aplicada as ciências animais

Os principais tipos de modelos usados na meta-análise são os de efeito fixo e de efeito aleatório. Os modelos de efeitos fixos consideram que o efeito em evidência é igual entre os estudos. Já os efeitos aleatórios consideram que efeito em evidência é diferente entre os estudos. Na meta-análise, combina-se estudos semelhantes, porém, quando a variabilidade entre eles não é unicamente aleatória significa que estes são heterogêneos. Na presença de heterogeneidade, deve-se aplicar o modelo de efeitos aleatórios. A heterogeneidade é conferida pelo teste Q de Cochran (RODRIGUES; ZIEGELMANN, 2010). Mas para quantificá-la é utilizada estatística I^2 de Higgins e Thompson (HIGGINS et al., 2003; RE, 2015). Os valores de I^2 variam de 0 a 100%. Quando os valores de I^2 estão próximos de zero, não há heterogeneidade; próximos a

25% é baixa; próximos a 50% é moderada; e próxima a 75% é alta (HIGGINS; THOMPSON, 2002; HIGGINS et al., 2003).

Na meta-análise, os efeitos podem ser conferidos, por exemplo, pela diferença média padronizada (DMP), conforme sugerido por Cochen (1988). Já o peso dos estudos é medido pelo inverso da variância (IV) e estimado pela DMP (BORENSTEIN et al., 2009; POPPY et al., 2012; SÁNCHEZ-DUARTE et al., 2019). Quando pretende-se estimar os efeitos na mesma unidade de medida dos estudos, utiliza-se a diferença média ponderada (DMe) (DUFFIELD; RABIEE; LEAN, 2008; APPUHAMY et al., 2013). Viechtbauer (2010) sugere que estudos que geram elevada heterogeneidade podem ser excluídos a partir do método de Bajaut et al. (2002) e do método “Influent case diagnostics” (BELSLEY et al. 1980; COOK; WEISBERG, 1982).

Uma etapa importante na condução de pesquisas meta-analíticas é o julgamento de vieses de publicação, designado de gráfico em Funil, feito a partir de um diagrama de dispersão. A simetria do gráfico é conferida pelo teste de Begg e Mazumdar (1994) e de Egger et al. (1997). Quando simétrico, o gráfico indica a ausência de viés de publicação. Já quando o mesmo se apresenta assimétrico sugere viés de publicação. No eixo X do gráfico encontra-se a DMP, e.g., as dispersões dos efeitos. Já no eixo Y encontra-se o erro padrão, e.g., o tamanho do efeito ou precisão dos estudos (RE, 2015). A ausência de estudos no gráfico de funil pode ser conferida pelo método “Trim and Fill” (BORENSTEIN et al., 2009).

Uma forma de representar os resultados extraídos na meta-análise é através do *forest plot*, um gráfico que permite a visualização dos resultados. Esse gráfico mostra o intervalo de confiança e o tamanho de efeito dos estudos, esta última é descrita por um ícone comumente no formato de um quadrado, já o tamanho do quadrado é equivalente ao peso do trabalho incluído na meta-análise (RODRIGUES; ZIEGELMANN, 2010; BERWANGER et al., 2007). Além desses resultados, o *forest plot* pode exibir os estudos incluídos na análise, a diferença média padronizada e o intervalo de confiança entre eles. A meta-análise é simbolizada por um diamante vermelho, que mostra o tamanho do efeito geral na variável resposta (SÁNCHEZ-DUARTE et al., 2019).

Análises adicionais à meta-análise podem ser conduzidas para explicar fatores que induzem a heterogeneidade dos estudos. Entre eles, a meta-regressão é um método estatístico utilizado em complemento da meta-análise (SÁNCHEZ-DUARTE et al., 2019), no entanto, para ser utilizada é necessária uma quantidade mínima de 10 estudos (BORENSTEIN et al., 2009). Em razão disso, outros métodos podem ser utilizados em detrimento a meta-regressão. Como, por exemplo, a técnica de BoxPlot que permite visualização da dispersão dos dados (POTEKO; ZÄHNER; SCHRADER, 2019) e a análise de componentes principais, que resumem

em componentes os fatores que explicam a heterogeneidade observada (SLIMEN et al., 2019). Todos esses métodos estatísticos podem ser conduzidos a partir do software R disponível em: (<https://cran.r-project.org>).

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O atual cenário da produção de leite tem exigido mudanças na nutrição animal; porém, a alimentação gera altos custos de produção. O uso de coprodutos em substituição parcial de componentes de dietas tradicionais (i.e., farelo de soja, alimento proteico; e, milho, concentrado energético) tem ganhado cada vez mais importância, pois pode tornar a atividade menos onerosa sem detrimento à produção. Como alternativa para a redução do milho e da soja nas dietas, as tortas, resultantes do processo de extração de óleo de grãos de oleaginosas, consistem de alimentos ricos em lipídeos e proteínas.

De maneira geral, para atender à necessidade alimentar de um animal é importante que a dieta contenha nutrientes essenciais, como água, energia, aminoácidos, vitaminas, minerais e aditivos. Na produção animal, a depender do teor de fibra e proteína, os alimentos são classificados como volumosos, concentrados proteicos e concentrados energéticos. Esta razão é muito importante para o desempenho animal, por que afeta no consumo e em parâmetros de fermentação do alimento e, logo, na taxa de crescimento microbiano no rúmen.

Os coprodutos são resíduos oriundos dos processamentos industriais de um produto específico que gera um novo produto. Diversos coprodutos estão sendo avaliados em termos de quantidade e valor nutricional para substituição de alimentos padrão (milho e farelo de soja). A sua utilização além de ser uma alternativa na diminuição dos custos com a alimentação causa redução de impactos ao meio ambiente. Todavia, em alguns casos ainda é difícil a aquisição de coprodutos em várias regiões. Assim é importante conhecer vários tipos de coprodutos que possam ser usados na alimentação de ruminantes.

Na indústria de biodiesel, a extração de óleo de grãos de oleaginosas gera coprodutos como as tortas, que possuem características que permitem o uso na alimentação de animais ruminantes. A torta de algodão é um alimento proteico obtido da remoção do óleo do grão após macerado. A torta de girassol possui alto teor de FB. A torta de amendoim possui alto potencial proteico e energético, e bons teores de nutrientes digestíveis totais e digestibilidade *in vitro* da matéria seca. A torta de mamona tem alto teor de PB. A torta de dendê é um alimento volumoso com baixos níveis de PB e elevada quantidade de FDN e de óleo. A torta de babaçu possui boa palatabilidade, alto teores de PB e de óleo. Torta de crambre é um suplemento proteico com alto teor de PB. Outros tipos de tortas provenientes da indústria de biodiesel mencionados na

literatura como opção na alimentação de ruminantes, são: torta de pinhão-manso, de moringa, de gergelim; de semente de seringueira; de coco; de canola; de licuri; e, a torta de nabo forrageiro.

O enorme número de publicações e à grande variação da composição química de tortas, acaba dificultando a sintetização qualitativa dos achados bibliográficos. A meta-análise é um conjunto de métodos que permite sumarizar resultados de estudos primários e a partir disso responder perguntas complexas de uma investigação científica. Logo, é uma ferramenta que contribui para o avanço das pesquisas nas ciências animais.

Por ser uma técnica altamente criteriosa, a meta-análise precisa ser conduzida com base em diferentes etapas metodológicas, que incluem revisões sistemáticas e análises estatísticas.

Durante a condução de revisões sistemáticas e meta-análise, o pesquisador deve definir os objetivos do estudo; codificar as informações; compilar e filtrar os dados de interesse; realizar uma análise gráfica dos dados compilados; estudar o dispositivo experimental e finalmente realizar os processos pós-analíticos. Essas etapas podem ser realizadas de acordo com a metodologia PRISMA, que consiste na identificação dos estudos, seleção, elegibilidade e inclusão dos dados nas análises estatísticas da meta-análise.

Os principais modelos estatísticos aplicados em meta-análises nas ciências animais consistem de modelos de efeito fixo e efeito aleatório. Durante a condução das estatísticas meta-analíticas, deve-se medir o peso e o tamanho do efeito dos estudos na variável resposta. Além disso, o pesquisador deve analisar a presença de heterogeneidade entre os estudos, e em razão disso, incluir análises adicionais, como a meta-regressão, a técnica de BoxPlot ou análise de componentes principais, as quais permitem identificar fatores que contribuem para a heterogeneidade.

3 REFERÊNCIAS

- ABDALLA, A. L.; SILVA FILHO, J. C. D.; GODOI, A. R. D.; CARMO, C. D. A.; EDUARDO, J. L. D. P. Utilização de subprodutos da indústria de biodiesel na alimentação de ruminantes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. SPE, p. 260-268, 2008.
- AHMADI, H.; RODEHUTSCORD, M. A meta-analysis of responses to dietary nonphytate phosphorus and phytase in laying hens. **Poultry Science**, v. 91, n. 8, p. 2072–2078, 2012.
- ALVES, A.; PASCOAL, L.; CAMBUÍ, G.; TRAJANO, J.; SILVA, C.; GOIS, G. Fibra para ruminantes: Aspecto nutricional, metodológico e funcional. **Pubvet**, v. 10, n. 7, p. 568–579, 2016.
- ANDRADE, A. P.; QUADROS, D. G. de. Composição bromatológica da casca de soja amonizada com uréia. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 11, n. 1, p. 38–46, 2011.
- ANDRADE, D. S.; COLOZZI FILHO, A. **Microalgas de águas continentais: produção de coprodutos**. 1ª. Ed. Londrina: IAPAR, v. 2, 2014. 343p.
- ANDRETTA, I. et al. Meta-análise do uso de ácido linoleico conjugado na alimentação de suínos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 7, p. 754–760, 2009.
- ANDRIGUETTO, J. M.; PERLY.; MINARGI.; FLEMMING.; SOUZA.; FILHO, B. **Nutrição animal: as bases e os fundamentos da nutrição animal**. 3 ed. São Paulo: Nobel, 2002. 400p.
- ANTUNES, A. P. da S.; PIRES, A. J. V.; TEIXEIRA, F. A.; CARVALHO, G. G. P. de; CORRÊA, M. M.; MONÇÃO, F. P.; TOLENTINO, D. C. Ruminal degradation of dry matter, crude protein and fiber fraction of oilseed byproducts. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 40, n. 5, p. 2417–2426, 2019.
- ANVARI, D. et al. The global status of *Dirofilaria immitis* in dogs: a systematic review and meta-analysis based on published articles. **Research in Veterinary Science**, v. 131, p. 104–116, 2020.
- APPUHAMY, J. A. D. R. N. et al. Anti-methanogenic effects of monensin in dairy and beef cattle: A meta-analysis. **Journal of Dairy Science**, v. 96, n. 8, p. 5161–5173, 2013.
- ARAÚJO, R. A. de; L. F. da S; NASCIMENTO JUNIOR, O. A. do; SILVA DAMASCENO, P. J.; COSTA, P. M.; SILVA, Z. F. da. Performance of lactating cows fed with cake of babassu: ingestive behavior, intake, digestibility, production and quality of milk. **Biological Rhythm Research**, p. 1-12, 2019.
- ARTUNDUAGA, M. A. T.; LIMA, J. A. M.; AZEVEDO, R. A.; LANA, Â. M. Q.; FORTES, R. V.; FARIA, B. N.; COELHO, S. G. Diferentes fontes energéticas durante o período de transição de vacas primíparas e os seus efeitos sobre metabólitos sanguíneos e hormônios. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 38, n. 8, p. 1691–1695, 2018.

- BAUJAT, B. et al. A graphical method for exploring heterogeneity in meta-analyses: application to a meta-analysis of 65 trials. **Statistics in Medicine**, v. 21, n. 18, p. 2641-2652, 2002.
- BEGG, C. B.; MAZUMDAR, M. Operating Characteristics of a Rank Correlation Test for Publication Bias. **Biometrics**, v. 50, n. 4, p. 1088–1101, 1994.
- BELESLEY, D. A.; KUH, E.; WELSH, R. E. **Regression diagnostics**. John Wiley & Sons, 1980.
- BERWANGER, O. et al. Como avaliar criticamente revisões sistemáticas e metanálises? **Revista Brasileira de Terapia Intensiva**, v. 19, n. 4, p. 475–480, 2007.
- BICUDO, M. A. V. Meta-análise: seu significado para a pesquisa qualitativa. **Revista Eletrônica de Educação Matemática**, v. 9, p. 07–20, 2014.
- BOEMO, L. S. et al. Estudo meta-analítico de diferentes níveis de aflatoxinas no desempenho de frangos de corte de 1 a 21 dias alojados em baterias. **Acta Scientiae Veterinariae**, v. 43, n. 1317, p. 1–4, 2015.
- BOMFIM, M. A. D.; SILVA, M. M. C.; SANTOS, S. F. dos. Potencialidades da utilização de subprodutos da indústria de biodiesel na alimentação de caprinos e ovinos. **Revista Tecnologia & Ciência Agropecuária**, v. 4, n. 3, p. 15–26, 2009.
- BORENSTEIN, M. et al. **Introduction to Meta-Analysis**. John Wiley and Sons, 2009.
- BORGES, A. L. da C. C.; GONÇALVES, L. C.; GOMES, S. P. Regulação da ingestão de alimentos. In: GONÇALVES L. C.; BORGES, I.; FERREIRA, P. D. S. **Alimentação de gado de leite**. Belo Horizonte: FEPMVZ, 2009. p. 1-25. ISBN 978-85-87144-34-8.
- BRANDÃO, L. G. N.; PEREIRA, L. G. R.; AZEVÊDO, J. A. G. de; SANTOS, R. D. dos; ARAÚJO, G. G. L. de; DÓREA, J. R. R.; NEVES, A. L. A. Efeito de aditivos na composição bromatológica e qualidade de silagens de coproduto do desfibramento do sisal. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 6, p. 2991–3000, 2013.
- BRANDÃO, L. G.N.; PEREIRA, L. G.R.; AZEVÊDO, J. A.G.; SANTOS, R. D.; ARAGÃO, A. S. L.; VOLTOLINI, T. V.; NEVES, A. L. A.; ARAÚJO, G. G.L.; BRANDÃO, W. N. Valor nutricional de componentes da planta e dos coprodutos da *Agave sisalana* para alimentação de ruminantes. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 63, n. 6, p. 1493–1501, 2011.
- BREI, V. A.; VIEIRA, V. A.; MATOS, C. A. DE. Meta-Analysis In Marketing. **Revista Brasileira de Marketing**, v. 13, n. 02, p. 84–97, 2014.
- CALDAS NETO, S. F.; ZEOULA, L. M.; BRANCO, A. F.; NUNES, I.; TADEU, G.; FREGADOLLI, F. L.; KASSIES, M. P.; DALPONTE, A. O. Mandioca e resíduos das

farinhas na alimentação de ruminantes: digestibilidade total e parcial. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n. 6, p. 2099–2108, 2000.

CAPURRO, E. P. G.; SECCO, D.; REICHERT, J. M.; REINERT, D. J. Compressibilidade e elasticidade de um Vertissolo afetado pela intensidade de pastejo bovino. **Ciência Rural**, v. 44, n. 2, p. 283–288, 2014.

CERUTTI, W. G.; VIEGAS, J.; BARBOSA, A. M.; OLIVEIRA, R. L.; DIAS, C. A.; COSTA, E. S.; SILVEIRA, A. M. Fatty acid profiles of milk and Minas frescal cheese from lactating grazed cows supplemented with peanut cake. **Journal of Dairy Research**, v. 83, n. 1, p. 42–49, 2016.

CHEN, X. et al. Prevalence of avian influenza viruses and their associated antibodies in wild birds in China: A systematic review and meta-analysis. **Microbial Pathogenesis**, v. 135, 103613, 2019.

CLARO, A. C. DEL; MERCADANTE, M. E. Z.; SILVA, J. A. I. V. Meta-análise de parâmetros genéticos relacionados ao consumo alimentar residual e a suas características componentes em bovinos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 2, p. 302–310, 2012.

COCHRAN, W. G. The combination of estimates from different experiments. **Biometrics**, v. 10, p. 101–129, 1954.

COHEN, J. **Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences**. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers, 1988.

COOK, R. D.; WEISBERG, S. **Residuals and Influence in Regression**. New York: Chapman and Hall, 1982.

COSTA, R. V.; SILVA, J. A.; GALATI, R. L.; SILVA, C. G. M.; DUARTE JÚNIOR, M. F. Girassol (*Helianthus annuus* L.) e seus coprodutos na alimentação animal. **Pubvet**, v. 9, n. 7, p. 303–320, 2015.

DO Ó, K. D. S.; SILVA, G. H.; SANTOS, R. V. Crescimento inicial de angico em substratos com co-produtos de mineração e matéria orgânica. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 10, n. 2, p. 178, 2015.

DUFFIELD, T. F.; RABIEE, A. R.; LEAN, I. J. A meta-analysis of the impact of monensin in lactating dairy cattle. Part 2. Production effects. **Journal of Dairy Science**, v. 91, n. 4, p. 1347–1360, 2008.

EGGER, M. et al. Bias in meta-analysis detected by a simple, graphical test. **BMJ**, v. 315, p. 629–634, 1997.

- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA. **Anuário leite 2019**: novos produtos e novas estratégias da cadeia do leite para ganhar competitividade e conquistar os clientes finais. 2 ed. São Paulo: Texto Comunicação Corporativa, 2019. 104 p.
- FALCONE, D. B. et al. Meta-análise como ferramenta para avaliação de diferentes coprodutos utilizados em dietas para coelhos de corte. In: VIERA, V. B.; PIOVESAN, N. (Eds.). **Inovação em ciência e tecnologia de alimentos**. Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019. p. 223–227.
- FARIA JUNIOR, W. G.; GONÇALVES, L. C.; JAYME, C. G.; TEIXEIRA, A. de M. Ureia e amônia em resíduos agroindustriais para ruminantes. p. 184. In: GONÇALVES L. C.; BORGES, I.; FERREIRA, P. D. S. **Alimentos para gado de leite**. Belo Horizonte: FEPMVZ, 2009. 568 p. ISBN 978-85-87144-36-2.
- FARUK, M. U.; ROOS, F. F.; CISNEROS-GONZALEZ, F. A meta-analysis on the effect of canthaxanthin on egg production in brown egg layers. **Poultry Science**, v. 97, n. 1, p. 84–87, 2018.
- FOOD and AGRICULTURE ORGANIZATION - FAO. 2019. **Dairy market review**. Rome: FAO, March, 2019.
- FURTADO, C. E.; BRANDI, R. A.; RIBEIRO, L. B. Utilização de coprodutos e demais alimentos alternativos para dietas de equinos no Brasil. **Revista Brasileira De Zootecnia**, v. 40, p. 232–241, 2011.
- GERON, L. J. V.; ZEOULA, L. M.; ERKEL, J. A.; PRADO, I. N. do; BUBLITZ, E.; PRADO, O. P. P. do. Consumo, digestibilidade dos nutrientes, produção e composição do leite de vacas alimentadas com resíduo de cervejaria fermentado. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 32, n. 1, p. 69–76, 2010.
- GIANNOTTI, J. D. G.; PACKER, I. U.; MERCADANTE, M. E. Análise de Agrupamento para Implementação da Meta-Análise em Estimativas de Herdabilidade para Características de Crescimento em Bovinos de Corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 4, p. 1165–1172, 2005.
- GIORDANI JUNIOR, R.; CAVALI, J.; OLIVEIRA, P. M.; FERREIRA, E.; STACHIW, R. Resíduos agroindustriais e alimentação de ruminantes. **Revista Brasileira de Ciências da Amazônia Resíduos**, v. 3, n. 1, p. 93–104, 2014.
- GOES, R. H. T. B.; SILVA, L. H. X.; SOUZA, K. A. **Alimentos e alimentação animal**. Dourados: Universidade Federal da Grande, 2013. 80p.
- GONÇALVES, L. C.; BORGES, I.; FERREIRA, P. D. S. **Alimentação de gado de leite**. Belo Horizonte: FEPMVZ, 2009. 412 p.
- GRANJA-SALCEDO, Y. T.; RIBEIRO-JUNIOR, C. S.; CARILHO-CANESIN, R. Influência

- da relação volumoso: concentrado da dieta no metabolismo ruminal em bovinos de corte. **Revista Facultad Ciencias Agropecuarias**, v. 8, n. 1, p. 19–24, 2016.
- GUIMARÃES, T. P.; PERON, H. J. M. C.; SILVA, D. B. da.; MOREIRA, K. K. G.; NEVES NETO, J. T. das.; SILVA, B. M. N.; SANTOS, F. C. dos. Exigências Proteicas para bovinos de corte. **Multi-Science Journal**, v. 1, n. 1, p. 90-99, 2018.
- HARTER, F. S.; BARROS, A. C. S. A. Cálcio e silício na produção e qualidade de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 33, n. 1, p. 54–60, 2011.
- HAUPTLI, L.; LOVATTO, P. A.; HAUSCHILD, L. Comparação da adição de extratos vegetais e antimicrobianos sintéticos para leitões na creche através de meta-análise. **Ciência Rural**, v. 37, n. 4, p. 1084–1090, 2007.
- HERNÁNDEZ, D. R.; SANTINÓN, J. J.; SÁNCHEZ, S.; DOMITROVIC, H. A. Dietary soybean meal on growth and intestinal morphology of South American catfish, *Rhamdia quelen*, larvae. **Ciência Rural**, v. 42, n. 9, p. 1662–1668, 2012.
- HIGGINS, J. P. T. et al. Measuring inconsistency in meta-analyses. **British Medical Journal**, v. 327, n. 7414, p. 557–560, 2003.
- HIGGINS, J. P. T.; THOMPSON, S. G. Quantifying heterogeneity in a meta-analysis. **Statistics in Medicine**, v. 21, n. 11, p. 1539–1558, 2002.
- HRADECKÁ, L. et al. Heritability of behavioural traits in domestic dogs: A meta-analysis. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 170, p. 1–13, 2015.
- KALANTZI, I.; KARAKASSIS, I. Benthic impacts of fish farming: Meta-analysis of community and geochemical data. **Marine Pollution Bulletin**, v. 52, n. 5, p. 484–493, 2006.
- KRASUSKA, M.; WEBB, T. L. How effective are interventions designed to help owners to change their behaviour so as to manage the weight of their companion dogs? A systematic review and meta-analysis. **Preventive Veterinary Medicine**, v. 159, p. 40–50, 2018.
- KWAN, N. C. L.; YAMADA, A.; SUIGIURA, K. Evaluation of the efficacy of the Japanese rabies RC-HL strain vaccine in domestic dogs using past and present data: Prediction based on logistic regression and meta-analysis. **Preventive Veterinary Medicine**, v. 147, p. 172–177, 2017.
- LIU, L. et al. Heat stress impacts on broiler performance : a systematic review and meta-analysis. **Poultry Science**, 2020.
- LOPES, D. G. et al. Effects of antidepressants in the reproduction of aquatic organisms: a meta-analysis. **Aquatic Toxicology**, v. 227, 2020.
- LOVATTO, P. A. et al. Meta-análise em pesquisas científicas - enfoque em metodologias. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, p. 285–294, 2007.

- LUIZ, A. J. B. Meta-análise: definição, aplicações e sinergia com dados espaciais. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 19, n. 3, p. 407–428, 2002.
- MACEDO JÚNIOR, G. de L.; ZANINE, A. de M.; BORGES, I.; PÉREZ, J. R. O. Qualidade da fibra para à dieta de ruminantes. **Ciência Animal**, v. 17, n. 1, p. 7–17, 2007.
- MACHADO, F. S.; GONÇALVES, L. C.; RIBAS, M. N.; RIBEIRO JÚNIOR, G. de O. Fibra na **Alimentos para gado de leite**. p. 152, 2009. In: GONÇALVES L. C.; BORGES, I.; FERREIRA, P. D. S. Alimentos para gado de leite. Belo Horizonte: FEPMVZ, 2009. 568 p. ISBN 978-85-87144-36-2.
- MACIEL, R. P.; NEIVA, J. N. M.; ARAUJO, V. L. de; CUNHA, O. F. R.; PAIVA, J.; RESTLE, J.; LÔBO, R. N. B. Consumo, digestibilidade e desempenho de novilhas leiteiras alimentadas com dietas contendo torta de dendê. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 41, n. 3, p. 698–706, 2012.
- MANTEL, N.; HAENSZEL, W.M. Statistical aspects of the analysis of data from retrospective studies of disease. **Journal of the National Cancer Institute**, v. 22, p. 719–748, 1959.
- MARCOS CLÁUDIO PINHEIRO ROGÉRIO, G. G. L. **Alimentos de gado de leite**. In: GONÇALVES, L. C.; BORGES, I.; FERREIRA, P. D. S. Resíduos de frutas na alimentação de gado de leite. In: Gonçalves, L. C.; Borges, I.; Ferreira, P. D. S (eds.). Alimentos para gado de leite. Belo Horizonte: FEPMVZ, 2009. P. 88-115.
- MARTINEZ-GARCIA, E. et al. A meta-analysis approach to the effects of fish farming on soft bottom polychaeta assemblages in temperate regions. **Marine Pollution Bulletin**, v. 69, p. 165–171, 2013.
- MEDEIROS, S. R. de; COSTA, G. R. da; BUNGENSTAB, D. J. **Nutrição de bovinos de corte Fundamentos e aplicações**. Brasília: EMBRAPA, 2015. 176p.
- MELLO, S. de P.; BUENO, A. R.; MACEDO, M. G. **Efeitos de diferentes níveis de resíduo de pré-limpeza de soja (g. Max), sobre o ganho de peso de bovinos confinados**. 2004. Disponível em: < http://www.cantareira.br/thesis2/ed_4/4_silvio.pdf>. Acesso em 20 de novembro de 2019.
- MENEGHETTI, C. D. C.; DOMINGUES, J. L. Características nutricionais e uso de subprodutos da agroindústria na alimentação de bovinos. **Revista Eletrônica Nutritime**, v. 5, n. 2, p. 512–536, 2008.
- MIGNON-GRASTEAU, S. et al. Robustness to chronic heat stress in laying hens: A meta-analysis. **Poultry Science**, v. 94, n. 4, p. 586–600, 2014.
- MOHER, D. et al. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: The PRISMA statement. **PLoS Medicine**, v. 6, n. 7, p. 1–6, 2009.

- MONROY G. M.; JIMÉNEZ E, C.; HERNÁNDEZ V, A. Follicular and luteal morphometry, progesterone concentration and early gestation in Holstein cows (*Bos Taurus*) at high altitude in the tropics (Colombia). **Revista MVZ Córdoba**, v. 23, n. 2, p. 6681–6695, 2018.
- MOREIRA, R. A.; RAMOS, J. D.; ARAÚJO, N. A. de; MARQUES, V. B. Produção e qualidade de frutos de pitaia- vermelha com adubação orgânica e granulado bioclástico. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. Especial, p. 762–766, 2011.
- NASCIMENTO, G. A. J. et al. Concentrados energéticos para aves utilizando meta-análise. v. 63, n. 1, p. 222–230, 2011.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient Requirements of Dairy Cattle**. Seventh Revised. 2001.
- NEVES, A. L. A.; PEREIRA, L. G. R.; VERNEQUE, R. D. S.; AZEVEDO, J. A. G. de; VIEIRA, P. A. S.; SANTOS, R. D. dos; OLIVEIRA, G. F. de. **Tabelas nordestinas de composição de alimentos para bovinos leiteiros**. Brasília, DF: Embrapa, 2014.
- OLIVARES-PALMA, S. M.; MEALE, S. J.; PEREIRA, L. G. R.; MACHADO, F. S.; CARNEIRO, H.; LOPES, F. C. F.; CHAVES, A. V. In vitro fermentation, digestion kinetics and methane production of oilseed press cakes from biodiesel production. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 26, n. 8, p. 1102–1110, 2013.
- OLIVEIRA, M. D. S. de; MOTA, D. A.; BARBOSA, J. C.; STEIN, M.; BORGONOV, F. Composição bromatológica e digestibilidade ruminal in vitro de concentrados contendo diferentes níveis de torta de girassol. **Ciência Animal Brasileira**, v. 8, n. 4, p. 629–638, 2007.
- OLIVEIRA, V. da S.; SANTANA NETO, J. A.; VALENÇA, R. de L.; SILVA, B. C. D. da; SANTOS, A. C. P. dos. Carboidratos fibrosos e não fibrosos na dieta de ruminantes e seus efeitos sobre a microbiota ruminal. **Veterinária Notícias**, v. 22, n. 2, p. 1–18, 2016.
- OLSEN, A. et al. Seroprevalence of *Toxoplasma gondii* in domestic pigs, sheep, cattle, wild boars, and moose in the Nordic-Baltic region: A systematic review and meta-analysis. **Parasite Epidemiology and Control**, v. 5, e00100, 2019.
- PEREIRA, L. G. R.; ANTUNES, R. C.; GONÇALVES, L. C.; CARVALHO, W. T. V. O milho na alimentação de gado de leite. p. 240, 2009. In: GONÇALVES L. C.; BORGES, I.; FERREIRA, P. D. S. **Alimentos para gado de leite**. Belo Horizonte: FEPMVZ, 2009. 568 p. ISBN 978-85-87144-36-2.
- PEREIRA, M. L. A.; VALADARES FILHO, S. de C.; VALADARES, R. F. D.; CAMPOS, J. M. de S.; LEÃO, M. I.; PEREIRA, C. A. R.; PINA, D. dos S.; MENDONÇA, S. de S. Consumo, digestibilidade aparente total, produção e composição do leite em vacas no terço inicial da

lactação alimentadas com níveis crescentes de proteína bruta no concentrado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 3, p. 1029-1039, 2005.

PINHEIRO, A. A.; VELOSO, C. M.; LIMA, L. P.; SILVA, R. R.; SILVA, F. F. da; MENDES, F. B. L.; SANTANA JÚNIOR, H. A. de; CECATO, U.; CARVALHO, G. G. P. Comportamento digestivo de vacas em lactação alimentadas com níveis de inclusão de bagaço de mandioca. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 12, n. 4, p. 996-1007, 2011.

PINTO, A. P.; PEREIRA, E. S.; MIZUBUTI, I. Y. Características nutricionais e formas de utilização da cana-de-açúcar na alimentação de ruminantes. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 24, n. 1, p. 73-84, 2003.

PINTO, C. M. Qualitative meta-analysis as a methodological approach for researches in language arts. **Atos de Pesquisa em Educação**, v. 8, n. 3, p. 1033-1048, 2013.

POPPY, G. D. et al. A meta-analysis of the effects of feeding yeast culture produced by anaerobic fermentation of *Saccharomyces cerevisiae* on milk production of lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 95, n. 10, p. 6027-6041, 2012.

POTEKO, J.; ZÄHNER, M.; SCHRADE, S. Effects of housing system, floor type and temperature on ammonia and methane emissions from dairy farming: A meta-analysis. **Biosystems Engineering**, v. 182, p. 16-28, 2019.

RE, A. C. DEL. A Practical Tutorial on Conducting Meta-Analysis in R. **The Quantitative Methods for Psychology**, v. 11, n. 1, p. 37-50, 2015.

RECH, Â. F. Alimentos alternativos para a pecuária de leite: uma revisão. **Revista Agropecuária Catarinense**, v. 26, n. 2, p. 42-46, 2013.

REIS, R. B.; SOUSA, B. M. de; OLIVEIRA, M. A. de. **Sistemas de alimentação para vacas de alta produção**. In: GONÇALVES L. C.; BORGES, I.; FERREIRA, P. D. S. **Alimentos para gado de leite**. Belo Horizonte: FEPMVZ, 2009. 568 p. ISBN 978-85-87144-36-2.

RETORE, M.; SILVA, L. P. da; TOLEDO, G. S. P. de; ARAÚJO, I. G.; EGGERS, D. P. Fontes de fibra de coprodutos agroindustriais proteicos para coelhos em crescimento. **Ciência Rural**, v. 40, n. 4, p. 963-969, 2010.

RIBEIRO, V.; JÚNIOR, R.; CAMPOS, S. de; VALADARES FILHO.; BORGES, Á. M.; PAULINO, M. F. Determinação do valor energético de alimentos para ruminantes pelo sistema de equações. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n. 2, p. 473-479, 2003.

RICARDO, H. de A.; ORRICO JUNIOR, M. A. P.; FERNANDES, A. R. M. **Utilização de coprodutos na alimentação de ovinos**. In: KUHN, O. J.; NUNES, R. V.; STANGARLIN, J. R.; RAMPIM, L.; FEY, R.; COSTA, N. V. da.; COSTA, P. B.; GUIMARÃES, V. F.;

- ZAMBOM, M. A. Ciências agrárias: tecnologias e perspectivas. Marechal Cândido Rondon: Universidade Estadual do Oeste do Paraná, 2015. p. 320. ISBN: 978-85-68205-03-7
- RODRIGUES, C. L.; ZIEGELMANN, P. K. Seção De Bioestatística Metanálise: Um Guia Prático Meta-Analysis: a Practical Guide. **Revista HCPA**, v. 30, n. 4, p. 436–447, 2010.
- ROSSI, C. A. R. et al. Metanálise da relação entre espessura de tocinho e variáveis nutricionais de porcas gestantes e lactantes. **Ciência Rural**, v. 38, n. 4, p. 1085–1091, 2008.
- SÁNCHEZ-DUARTE, J. I. et al. Short communication : Meta-analysis of dairy cows fed conventional sorghum or corn silages compared with brown midrib sorghum silage. **Journal of Dairy Science**, v. 102, n. 1, p. 419–425, 2019.
- SANTANA NETO, J. A.; OLIVEIRA, V. da S. Características da fermentação ruminal de ovinos em pastejo – revisão de literatura. **Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária**, v. Ano X, n. 19, 2012.
- SANTOS, E. J. F. DOS; CUNHA, M. Interpretação crítica dos resultados estatísticos de uma meta-análise : estratégias metodológicas. **Millenium**, v. 44, p. 85–98, 2013.
- SANTOS, F. A. P. **Metabolismo de proteínas**. In: BERCHIELLI, T. T.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G. de. Nutrição de ruminantes. Jaboticabal: FUNEP, 2006. p. 255.
- SANTOS, F. A. P.; PEDROSO, A. M. Metabolismo de proteínas. In: BERCHIELLI, T. T.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G. de. (Ed.). **Nutrição de ruminantes**. 2.ed. Jaboticabal: Funep, 2011. p. 265-292.
- SANTOS, F. L.; LANA, R. D. P.; SILVA, M. T. C.; BRANDÃO, S. C. C.; VARGAS, L. H. Produção e composição do leite de vacas submetidas à dietas contendo diferentes níveis e formas de suplementação de lipídios. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 4, p. 1376–1380, 2001.
- SANTOS, R. D. dos; NEVES, A. L. A.; PEREIRA, L. G. R.; ARAUJO, G. G. L. de; VOLTOLINI, T. V.; COSTA, C. T. F.; OLIVEIRA, G. F. de. **Coprodutos do desfibramento do sisal como alternativa na alimentação de ruminantes**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2013. 5 p. il. (Embrapa Semiárido. Circular técnica, 102).
- SANTOS, R. D.; PEREIRA, L. G.R.; NEVES, A. L. A.; BRANDÃO, L. G. N.; ARAÚJO, G. G. L.; ARAGÃO, A. S. L.; BRANDÃO, W. N.; SOUZA, R. A.; OLIVEIRA, G. F. Consumo e desempenho produtivo de ovinos alimentados com dietas que continham coprodutos do desfibramento do sisal. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 63, n. 6, p. 1502–1510, 2011.
- SAUVANT, D. et al. Meta-analyses of experimental data in animal nutrition. **Animal**, v. 2, n. 8, p. 1203–1214, 2008.

- SAUVANT, D.; SCHMIDELY, P.; DAUDIN, J. J. Les méta-analyses des données expérimentales: Applications en nutrition animale. **Productions Animales**, v. 18, n. 1, p. 63–73, 2005.
- SAUVANT, D.; SCHMIDELY, P.; DAUDIN, J. J. Les métaanalyses des données expérimentales: Applications en nutrition animale. **INRA Productions Animales**, v.8 , n. 1, p. 63–73, 2005.
- SHELBY, L. B.; VASKE, J. Understanding meta-analysis: A review of the methodological literature. **Leisure Sciences**, v. 30, n. 2, p. 96–110, 2008.
- SILVA, A. M.; OLIVEIRA, R. L.; RIBEIRO, O. L.; BAGALDO, A. R.; BEZERRA, L. R.; CARVALHO, S. T.; ABREU, C. L.; LEÃO, A. G. Valor nutricional de resíduos da agroindústria para alimentação de ruminantes. **Comunicata Scientiae**, v. 5, n. 4, p. 370–379, 2014.
- SILVA, B. A. N. A casca de soja e sua utilização na alimentação animal. **Revista Eletrônica Nutritime**, v. 1, n. 1, p. 59-68, 2004.
- SILVA, M. R. H. da.; NEUMANN, M. Fibra efetiva e fibra fisicamente efetiva: conceitos e importância na nutrição de ruminantes. **FAZU em Revista**, v. 1, n. 9, 2013.
- SLIMEN, I. B. et al. Meta-analysis of some physiologic, metabolic and oxidative responses of sheep exposed to environmental heat stress. **Livest Sci**, v. 229, p. 179–187, 2019.
- SOUZA, A. D. V. de; FÁVARO, S. P.; ÍTAVO, L. C. V.; ROSCOE, R. Caracterização química de sementes e tortas de pinhão-manso, nabo-forrageiro e crambe. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 10, p. 1328–1335, 2009.
- SOUZA, K. A. de; GOES, R. H. de T. B. de; SILVA, L. H. X. da; YOSHIHARA, M. M.; PRADO, I. N. do. Crambe meal in supplements for culling cows: animal performance and carcass characteristics. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 37, n. 1, p. 47–53, 2015.
- TAGHIPOUR, A. et al. The global prevalence of Cryptosporidium infection in dogs: A systematic review and meta-analysis. **Veterinary Parasitology**, v. 281, 109093, 2020.
- TAVARES, I. D. S. et al. Visão Geral com Meta-Análise de Revisões Sistemáticas sobre o Valor Diagnóstico e Prognóstico da Angiotomografia de Coronárias na Emergência. **International Journal of Cardiovascular Sciences**, v. 31, , v. 31, n. 1, p. 33–46, 2018.
- TEIXEIRA, R. M. A.; LANA, R. de P.; FERNANDES, L. de O.; OLIVEIRA, A. S. de.; QUEIROZ, A. C. de.; PIMENTEL, J. J. de O. Desempenho produtivo de vacas da raça Gir leiteira em confinamento alimentadas com níveis de concentrado e proteína bruta nas dietas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 11, p. 2527–2534, 2010.

- TEIXEIRA, R. M. A.; MARTINS, J. M.; SILVA, N. G.; SILVA, E. A.; FERNANDES, L. O.; OLIVEIRA, A. S.; SALVADOR, F. M.; FARIA, D. J. G. Suplementação proteica de vacas leiteiras mantidas em pastagem de Tifton 85 durante o período de seca. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 71, n. 3, p. 1027–1036, 2019.
- TEODORO, A. L. et al. Grão úmido na alimentação animal : estudo metanalítico. **Pubvet**, v. 6, n. 4, p. 1–14, 2012.
- THIAGO, L. R. L. de; SILVA, J. M. da. **Soja na alimentacao de bovinos**. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2003. 6p. (Embrapa gado de Corte. Circular Tecnica, 31)
- TONISSI, R. H. de; GOES, B. de; CARNEIRO, M. Y.; BRABES, K. S.; PAULA LANA, R. de. Coprodutos de crambe (*Crambe abyssinica* Hoechst) na alimentação de ruminantes. **Archivos de Zootecnia**, v. 65, n. 249, p. 7–16, 2016.
- VAN SOEST, Peter J. **Nutritional ecology of the ruminant**. Cornell university press, 2018.
- VARGAS, L. H.; LANA, R. D. P.; JHAM, G. N.; SANTOS, F. L.; QUEIROZ, A. D.; MANCIO, A. B. Adição de lipídios na ração de vacas leiteiras: parâmetros fermentativos ruminais, produção e composição do leite. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 1, p. 522–529, 2002.
- VIECHTBAUER, W. Conducting Meta-Analyses in R with the metafor Package. **Journal of Statistical Software**, v. 36, n. 3, p. 1–48, 2010.

**CAPÍTULO I – TORTAS OLEAGINOSAS NA DIETA DE VACAS EM LACTAÇÃO:
UMA REVISÃO SISTEMÁTICA**

TORTAS OLEAGINOSAS NA DIETA DE VACAS EM LACTAÇÃO: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA

RESUMO

Neste trabalho, realizou-se uma revisão sistemática de estudos primários que avaliaram os efeitos de dietas com a inserção de diferentes tortas oleaginosas sobre a ingestão, valor nutritivo e rendimento do leite de vacas. O levantamento dos desfechos foi conduzido nas bases de dados Science.gov, Scopus Preview, PubMed, Web of Science, SciELO, Science Direct, Portal de Periódicos CAPES, WorldWideScience.org, Google Scholar, Academia.edu, Portal de Busca Integrada e EpringerLink, considerando artigos publicados entre os anos de 2009 a 2019. No total, 39 artigos publicados em periódicos científicos foram elegíveis, que incluíram dados de ingestão de matéria seca ($n = 26$, IMS g Kg/dia⁻¹; $3 = \text{IMS \%PC}$; $7 = \text{IMS PM, g/kg}^{0,75}$), produção de leite ($n = 34$, PL), e os componentes do leite, e.g., gordura, lactose e proteína ($n = 34$, GordLeit; $n = 28$, LactLeit; $n = 34$, ProtLeit), respectivamente. A inconsistência dos desfechos observados, assim como a falta de estudos para a maioria das tortas torna os resultados inconclusivos. Por exemplo, há poucos estudos com o efeito do uso de tortas de azeitona, licuri, babaçu, karanja, cânhamo e *nim* sobre os parâmetros de ingestão; os efeitos no rendimento de leite por causa do uso do licuri, babaçu, karanja, cânhamo e *nim*; e, estudos que mostrem os efeitos da inclusão de torta de coco e macaúba nos parâmetros nutricionais do leite. A aplicação de meta-análise a partir de estudos primários com vários tipos de torta na dieta animal pode elucidar as lacunas de conhecimento sobre os seus efeitos nos parâmetros de ingestão e rendimento de vacas leiteiras.

Palavras-chave: Ingestão de matéria seca. Proteína do leite. Gordura do leite. Lactose do leite.

OILSEED CAKES IN THE DIET OF LACTATION COWS: A SYSTEMATIC REVIEW

ABSTRACT

In this work, a systematic review of primary studies was carried out evaluating the effects of diets with the insertion of different oil cakes on intake, nutritional value and milk yield of cows. The survey of outcomes was conducted in the databases Science.gov, Scopus Preview, PubMed, Web of Science, SciELO, Science Direct, CAPES Journal Portal, WorldWideScience.org, Google Scholar, Academia.edu, Portal de Busca Integrada and EpringerLink, considering articles published between 2009 and 2019. In total, 39 articles published in scientific journals were eligible, which included data on dry matter intake ($n = 26$, IMS g Kg/day^{-1} ; $3 = \text{IMS \%PC}$; $7 = \text{IMS PM, g/kg0.75}$), milk production ($n = 34$, PL), and milk components, e.g., fat, lactose and protein ($n = 34$, GordLeit; $n = 28$, LactLeit; $n = 34$, ProtLeit), respectively. The inconsistency of the observed outcomes, as well as the lack of studies for most cakes makes the results inconclusive. For example, there are few studies with the effect of the use of olive, lycuri, babassu, karanja, hemp and neem cakes on intake parameters; the effects on milk yield due to the use of lycuri, babassu, karanja, hemp and neem; and, studies showing the effects of the inclusion of coconut and macaúba cake in the nutritional parameters of milk. The application of meta-analysis from primary studies with various types of cakes in the animal diet can elucidate gaps in knowledge about their effects on intake and yield parameters of dairy cows.

Keywords: Dry matter intake. Milk protein. Milk fat. Milk lactose.

1 INTRODUÇÃO

Com o aumento da população global, a demanda por fontes de proteínas tem sido cada vez maior. O leite oferece quantidades de aminoácidos, peptídeos, enzimas e oligossacarídeos que são essenciais as funções fisiológicas e imunomoduladoras aos seres humanos (Reijden et al., 2017). A Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura prevê uma produção mundial de leite de 981 milhões de toneladas até 2028 (FAO, 2019). Diante desse cenário atual, os pecuaristas de leite buscam aumentar a eficiência da dieta das vacas nos parâmetros de ingestão, rendimento e valor nutritivo do leite, a partir de alternativas alimentares, que também minimizem os custos de produção.

As tortas de sementes oleaginosas, além de reduzirem os custos com a alimentação na atividade leiteira (Araújo et al., 2019) exibem quantidades consideráveis de proteínas e de lipídeos não saturados, que modificam o perfil de ácidos graxos do leite, sobretudo os poli-insaturados de cadeia longa e ácidos graxos saturados de cadeia média (Glasser, Ferlay e Chilliard, 2008). Por sua vez, os lipídeos crescem a densidade energética dietética, que induzem as vacas leiteiras economizarem energia durante a lactação, já que o leite possui maiores teores de ácidos graxos do que ácidos graxos ingeridos (Palmquist e Jenkins, 1980; Fillippova, Kiyko e Zazulya 2018).

As tortas são uma excelente alternativa alimentar na dieta de vacas em substituição a outras fontes energéticas, com custos de aquisição mais elevados (Filippova, Kiyko e Zazulya, 2018). Além disso, o teor de lipídeos das tortas também reduz a produção entérica de metano por vacas leiteiras (Abdalla, 2008), minimizando assim a emissão de gases de efeito estufa (Brask et al., 2013; Møller et al., 2014; Silveira et al., 2019).

Apesar do potencial e de estudos mostrarem efeitos positivos do uso de tortas nos parâmetros de ingestão (Johansson et al., 2015), rendimento de leite (Sohail et al., 2017; Prima et al., 2018; Micek et al., 2019) e valor nutricional do leite (Prima et al., 2018; Micek et al., 2019), efeitos negativos nesses parâmetros também foram observados em outras pesquisas (Cunha et al., 2013; Silva et al., 2013; Oliveira et al., 2015; Oliveira et al., 2016), que também estudaram os efeitos de tortas oleaginosas na dieta de vacas em lactação.

Essas contradições de desfechos de estudos sobre os efeitos de tortas nos parâmetros de vacas em lactação podem ser explicadas pela variação nutricional dos diferentes tipos de tortas oleaginosas, além de outros fatores: relacionados a planta, como manejo no cultivo; método de extração do óleo para obtenção da torta (Pereira et al., 2011b; Carrera et al., 2012); tipo de ambiente, onde vivem os animais, que podem modificar o metabolismo e o consumo do animal (Gonzaga Neto et al., 2015); características relacionadas ao próprio animal, por exemplo, peso

vivo, parição e dias de lactação da vaca; e, atributos sensoriais e físicos da dieta (Karlsson, Finell e Martinsson, 2010; Sánchez-Duarte et al., 2019).

Nesse estudo, objetivou-se realizar uma revisão sistemática para avaliação dos efeitos observados na ingestão, valor nutritivo e rendimento do leite de vacas em lactação, alimentadas com diferentes tortas oleaginosas.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Levantamento dos desfechos

O levantamento dos desfechos conduzido nas bases de dados Science.gov (<https://www.science.gov>), Scopus Preview (<https://www.scopus.com/home.uri>), PubMed (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed>), Web of Science (WOS) (<https://apps.webofknowledge.com>), Scientific Electronic Library Online (SciELO) (<https://scielo.org>), Science Direct (<https://www.sciencedirect.com>), Portal de Periódicos CAPES (<https://www.periodicos.capes.gov.br>), WorldWideScience.org (<https://worldwidescience.org>), Google Scholar (<https://scholar.google.com>), Academia.edu (<https://www.academia.edu>), Portal de Busca Integrada (PBi) (<http://www.buscaintegrada.usp.br>) e EpringerLink (<https://link.springer.com>). As palavras-chave ‘vacas leiteiras’, ‘torta’ e ‘vaca em lactação’, em inglês e português, e a função ‘citado por’ foram usadas na busca, considerando apenas artigos de periódicos publicados entre os anos de 2009 a 2019. Não foi considerada a literatura cinzenta como trabalhos de dissertações, teses e publicados em eventos científicos.

2.2 Critérios de inclusão e exclusão dos dados

Para o estudo qualitativo dos desfechos, a inclusão e exclusão das informações e/ou, dos dados, foi feita com base em critérios pré-estabelecidos. Foram consideradas pesquisas que avaliaram os efeitos de tortas oleaginosas nos parâmetros de ingestão, rendimento e valor nutritivo do leite de vacas em lactação. Os critérios adotados para a inclusão dos artigos elegíveis foram: (1) informações e/ou, dados de ingestão, (2) informações e/ou, dados de rendimento de leite (3), informações e/ou, dados dos parâmetros de valor nutritivo do leite e (4) vacas em período de lactação, e quando existentes, (5) informações e/ou, dados sobre produção, distribuição e composição químicas das tortas, bem como do cultivo de oleaginosas. Aqueles estudos que abordavam no mínimo um dos itens de importância para a condução desta pesquisa foi utilizado. Os critérios de exclusão dos desfechos incluíram: dados quantitativos de resultados obtidos em experimentos que não utilizaram vacas de leite e/ou, daqueles que não

avaliaram pelo menos um tipo de torta. Além disso, não foi incluído neste estudo, dados de trabalhos de evento, tese e dissertação.

As etapas de busca e seleção dos estudos elegíveis podem ser visualizadas na Figura 1 do fluxograma PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyse) (Moher et al., 2009).

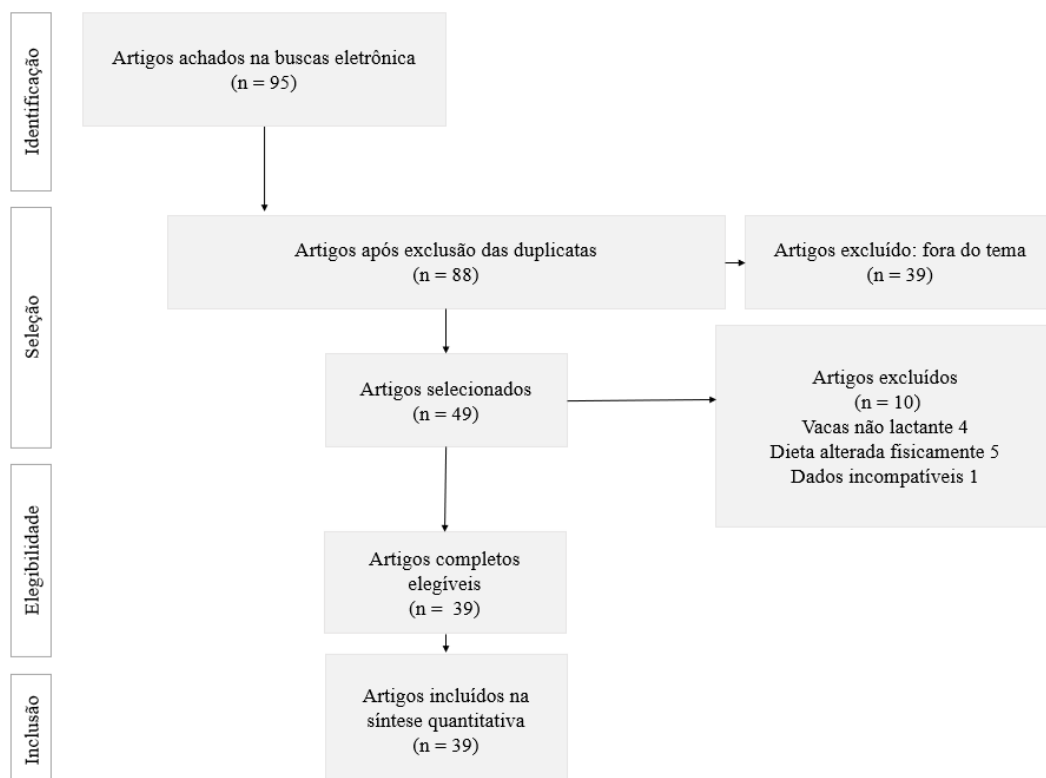


Figura 1. Diagrama PRISMA da seleção dos estudos.

3 REVISÃO SISTEMÁTICA

3.1 Tortas, composições e distribuição geográfica de uso na dieta animal

As tortas são coprodutos industriais gerados durante a produção do biodiesel, logo após a prensagem mecânica e/ou o uso de solventes, para extração de óleo de sementes oleaginosas. Por isto, oferecem abundância em óleo, proteínas e fibras (Santos et al., 2019). Apesar do potencial para a nutrição animal, sobretudo durante as entressafras (Costa et al., 2015; Araújo et al., 2019), parte da produção de tortas ainda é desperdiçada (Madzimure e Musimurimwa, 2011; Castellani et al., 2017). O uso de tortas na dieta animal depende da composição e também da disponibilidade do alimento (Teshome et al., 2019). A diversidade dos nutrientes e a variação da composição dos coprodutos em relação aos alimentos convencionais implicam em distintas

respostas pelo animal (Pereira et al., 2011b). Nas tortas essa composição varia conforme a espécie, o método de cultivo e a extração do óleo (Carrera et al., 2012). Diante disso, muitos estudos foram conduzidos para avaliar os efeitos do uso de tortas oleaginosas em parâmetros de vacas leiteiras em lactação.

Nesse estudo, um total, de 39 artigos (92 = estudos) elegíveis, publicados nos últimos dez anos (2009 a 2019), incluem dados de ingestão de matéria seca ($n = 26$, IMS g/Kg/dia⁻¹; 3 = IMS %PC; 7 = IMS PM, g/kg^{0,75}), produção de leite ($n = 34$, PL), e os componentes do leite e.g., gordura, lactose e proteína ($n = 34$, GordLeit; $n = 28$, LactLeit; $n = 34$, ProtLeit) de vacas alimentadas com tortas oleaginosas (Tabela 1).

Tabela 1. Tortas estudadas na alimentação de vacas em lactação (2009-2019).

Artigos	Estudos	Tipo de torta	Variáveis	Artigos	Estudos	Tipo de torta	Variáveis
Madzimure et al. (2011)	3	Boabá	PL, GordLeit, LactLeit, ProtLeit	Goiri et al. (2019)	1	Girassol	PL, GordLeit, LactLeit, ProtLeit
Teshome et al. (2019)	1	Noug	IMSG/d, PL, GordLeit, LactLeit, ProtLeit	Pereira et al. (2011a)	3	Girassol	IMSG/d,
	1	Algodão	IMSG/d, PL, GordLeit, LactLeit, ProtLeit	Pereira et al. (2011b)	3	Girassol	PL, GordLeit, LactLeit, ProtLeit
	1	Linhaça	IMSG/d, PL, GordLeit, LactLeit, ProtLeit	Brasil et al. (2015)	2	Algodão	PL, GordLeit, LactLeit, ProtLeit
	1	Mix	IMSG/d, PL, GordLeit, LactLeit, ProtLeit	Micek et al. (2019)	3	Colza	PL, GordLeit, LactLeit, ProtLeit
Dias et al. (2017)	3	Amendoim	IMSG/d, IMS (%PC), PL, GordLeit, LactLeit, ProtLeit	Palanivel e Sharma (2015)	2	Amendoim	IMS (g/kg ^{0,75}), PL, GordLeit, ProtLeit
Gonzaga Neto et al. (2015)	1	Dendê	IMSG/d, IMS (g/kg ^{0,75})	Rutkowska et al. (2015)	1	Colza	IMSG/d, PL, GordLeit, LactLeit, ProtLeit
	1	Amendoim	IMSG/d, IMS (g/kg ^{0,75})	Zymon et al. (2012)	3	Colza	IMSG/d, PL, GordLeit, LactLeit, ProtLeit
	1	Girassol	IMSG/d, IMS (g/kg ^{0,75})	Gaillard et al. (2017a)	2	Colza	PL, GordLeit, ProtLeit
	1	Dendê	IMSG/d, IMS (g/kg ^{0,75})	Gaillard et al. (2017b)	3	Colza	PL, GordLeit, ProtLeit
	1	Girassol	IMSG/d, PL, GordLeit, LactLeit, ProtLeit	Castellani et al. (2017)	1	Azeitona	GordLeit, LactLeit, ProtLeit
Oliveira et al. (2016)	1	Girassol	IMSG/d, PL, GordLeit, LactLeit, ProtLeit	Cibik e Keles (2016)	1	Azeitona	IMSG/d, PL, GordLeit, LactLeit, ProtLeit
	1	Amendoim	IMSG/d, PL, GordLeit, LactLeit, ProtLeit	Araújo et al. (2019)	2	Babaçu	IMSG/d, PL, GordLeit, LactLeit, ProtLeit
	1	Dendê	IMSG/d, PL, GordLeit, LactLeit, ProtLeit	Karlsson, Finell e Martinsson (2010)	3	Cânhamo	IMSG/d, PL, GordLeit, LactLeit, ProtLeit
	1	Dendê	IMSG/d, PL, GordLeit, LactLeit, ProtLeit	Mdziniso et al. (2016)	2	Marula	IMSG/d, PL, GordLeit, LactLeit, ProtLeit

Iqbal et al. (2019)	2	Dendê	IMSG/d, PL, GordLeit, LactLeit, ProtLeit	Prima et al. (2018)	1	Mostarda	LactLeit, ProtLeit
Continuação							
Silva et al. (2013)	3	Dendê	IMSG/d, IMS (%PC), IMS (g/kg ^{0,75})	Sohail et al. (2017)	2	Algodão	PL, GordLeit, LactLeit, ProtLeit
Wyngaard e Meeske (2017)	1	Soja	PL, GordLeit, LactLeit, ProtLeit	Raj et al. (2016)	2	Karanja	PL, GordLeit, ProtLeit
	1	Mix	PL, GordLeit, LactLeit, ProtLeit	Azevedo et al. (2014)	3	Macaúba	IMSG/d, IMS (g/kg ^{0,75}), PL, GordLeit, LactLeit, ProtLeit
	1	Mix	PL, GordLeit, LactLeit, ProtLeit	Leiber et al. (2015)	1	Soja	PL, GordLeit
	1	Mix	PL, GordLeit, LactLeit, ProtLeit	Silveira et al. (2019)	3	Soja	IMSG/d, IMS (%PC), PL, GordLeit, LactLeit, ProtLeit
Fillippova, Kiyko e Zazulya (2018)	-	Girassol	GordLeit, ProtLeit	Vasilachi, Ciurescu e Hăbeanu (2018)	1	Soja	PL, GordLeit, LactLeit, ProtLeit
Brask et al. (2013)	3	Colza	IMSGd, PL, GordLeit, LactLeit, ProtLeit	Uddin et al. (2013)	2	Algodão	PL, GordLeit, LactLeit, ProtLeit
Johansson et al. (2015)	1	Colza	PL, GordLeit, ProtLeit	Cerutti et al., 2015	3	Amendoim	GordLeit
Jóźwik (2016)	1	Colza	PL, GordLeit, LactLeit, ProtLeit	Ferreira et al., 2017	3	licuri	PL, GordLeit, LactLeit, ProtLeit
	1	Linhaça	PL	Santos et al., 2012	3	Girassol	PL, GordLeit, LactLeit, ProtLeit

Esses estudos relatam a manutenção da eficiência e do rendimento de vacas lactantes ao substituir o milho e/ou, farelo de soja por torta de mamona (Hernández e Valderrama, 2017), de colza (Jóźwik et al., 2016), de babaçu (Araújo et al., 2019), de karanja e de *nim* (Raj et al., 2016). Mas, do ponto de vista econômico, um bom retorno financeiro tem sido citado com o uso de tortas de amendoim (*Arachis hypogaea*) (Dias et al., 2017), de babaçu (Araújo et al., 2019), de semente de azeitona (Castellani et al., 2017), de dendê (Cunha et al., 2013), de licurí (Ferreira et al., 2016), de colza (Zymon et al., 2012; Johansson et al., 2015), de semente de baobá (Madzimure e Musimurimwa, 2011) e de semente de karanja (Raj et al., 2016).

As relações de uso e efeito de tortas em vacas leiteiras dependem do tipo de torta. A torta de semente de algodão (*Gossypium spp.*), por exemplo, é um alimento altamente nutritivo, que promove aumento no rendimento do leite (Uddin et al., 2013; Teshome et al., 2019). Já a torta de semente de azeitona (*Olea europaea* L.), um produto biodegradável, composta por água, bagaço e óleo residuais (Castellani et al., 2017), permite a substituição do concentrado (Cibik e Keles, 2016). A torta de semente de baobá (*Adansonia digitata* L.) pode ser usada na alimentação de vacas, desde que seja processada adequadamente, pois fatores antinutricionais

reduzem o teor de gordura e o rendimento do leite (Madzimure e Musimurimwa, 2011). A torta de coco (*Cocos nucifera*), obtida após a extração do óleo por meio de ebulição, é rica em energia e gordura, que possui potencial de uso em dietas de animais, mas não há pesquisas científicas sobre a sua utilização na dieta de vacas em período de lactação (Jelantik e Belli, 2010). A colza (*Brassica napus*), cultura distribuída mundialmente, possui 10 a 20% de gordura; característica esta que permite mitigar até 14% das perdas de metano entérico por vacas, sem afetar o rendimento de leite e a digestibilidade da fibra em detergente neutro (FDN) (Brask et al., 2013). Apesar de possuir fatores antinutricionais (glucosinolatos ou ácido erúico) é um alimento com níveis elevados de proteínas, sendo uma ótima opção para substituir o farelo de soja da dieta, mostrando-se eficiente nos parâmetros de alimentação e rendimento de leite (Jóźwik et al., 2016). Uma torta pouco estudada em dietas de vacas é a torta de macaúba [*Acrocomia aculeata* (jacq.) Lodd. Ex mart. - *arecaceae*] (Azevedo et al., 2014), que produz até 500 g de torta kg⁻¹ de fruto, após a prensagem hidráulica (Santos et al., 2015). É uma torta que age na redução de protozoários no líquido ruminal (Santos et al., 2015). Outro alimento rico em proteína (47,21%) é a torta de mamona (*Ricinus communis*), que pode substituir o farelo de soja na dieta de vacas em pastejo (gramínea canarana; *Echinochloa* sp.) sem comprometer rendimento e valor nutritivo do leite, e a degradação dos nutrientes (Hernández e Valderrama, 2017). A torta de mostarda (*Brassica juncea*), a terceira cultura oleaginosa comestível mais produzida mundialmente, exibe em sua composição, óleos residuais, o que lhe confere características potenciais como alimento para vacas leiteiras, apesar da redução da palatabilidade, devido à presença de tanino em sua composição (Sohail et al., 2017). Por fim, a torta de pinhão-mansão (*Jatropha curcas* L.) não é muito mencionada na literatura como alimento na dieta de vacas leiteiras, no entanto, estudos mostram que esse alimento promove efeitos negativos nos parâmetros de ingestão de nutrientes de novilhas (Silva et al., 2015).

Além dos fatores associados aos efeitos nos animais, o uso de tortas na dieta depende da distribuição das culturas para obtenção da matéria-prima. Em 2018, a produção mundial de oleaginosas foi de 4.619,607 toneladas, distribuídas em uma área de 1.518.86 ha (FAO, 2019). Na Tabela 2, são apresentados os maiores produtores mundiais de diferentes culturas oleaginosas. Note que, a primeira posição no ranking de maiores produtores de oleaginosas foi ocupada pelo Canadá (Colza), Cazaquistão (linhaça), China (amendoim com casca e semente de algodão), França (semente de cânhamo), Nepal (semente de mostarda), Sudão (semente de gergelim) e Ucrânia (semente de girassol) (Tabela 2). A produção de oleaginosas nas diferentes regiões do mundo pode ser observada na Tabela 3. Na Tabela 4, observe que, a China (continente) ocupa a primeira posição com produção de 55.874 ton.; seguida da Etiópia com

31.534 ton.; e, em terceiro lugar os Estados Unidos da América com produção de 16.941 ton.. Já os maiores importadores de sementes oleaginosas são os Estados Unidos da América com 50.196 toneladas, a Alemanha com 40.153 toneladas e a República da Coreia com 31.162 toneladas (FAO, 2019).

Na Tabela 5, note que, entre as oleaginosas produzidas no Brasil o algodão, amendoim, girassol, dendê, canola, mamona e soja são destaques. A região Norte do Brasil contribui com 90% da produção total de dendê do país; a região Sul com 100% da produção de canola e 5% da produção de girassol; o Sudeste com 93% da produção de amendoim, 13 % da produção de girassol e 1% da produção de mamona; o Nordeste com 88% da produção de mamona, 25% da produção de algodão e 10% da produção de dendê; e, o Centro-oeste com 72% da produção de algodão, 82% da produção de girassol e 11% da produção de mamona (MAPA, 2019).

Tabela 2. Maiores produtores de cultivo de oleaginosas em 2018.

Cultivo	Maiores produtores	Produção (toneladas)	Área (há)
Colza	Canadá	20.342.600	
	China (Continente)	13.281.200	
	Índia	8.430.000	
	Produção mundial	75.001.457	37.579.575
Linhaça	Cazaquistão	933.533	
	Canadá	688.784	
	Federação Russa	557.888	
	Produção mundial	3.182.754	3.263.995
Amendoim com casca	China (Continente)	17.332.600	
	Índia	6.695.00	
	Nigéria	2.886.987	
	Produção mundial	45.950.901	28.515.387
Semente de cânhamo	França	1525.362	
	China (Continente)	11.822	
	Federação Russa	2.117	
	Produção mundial	142.883	32.14
Semente de mostarda	Nepal	182.917	
	Canadá	173.6	
	Federação Russa	123.507	
	Produção mundial	710.349	930.278
Semente de algodão	China (Continente)	17.711.962	
	Índia	14.657.000	
	Estados unidos da América	11.429.937	
	Produção mundial	71.029.354	32.420.353
Semente de gergelim	Sudão	981	
	Myanmar	768.858	
	Índia	746	
	Produção mundial	6.015.573	11.743.382
Semente de girassol	Ucrânia	1.165.170	
	Federação Russa	12.755.725	
	Argentina	3.537.545	
	Produção mundial	51.954.777	26.668.101

FAO, 2019

Tabela 3. Produção de oleaginosas por região em 2018.

Cultivo	Europa	Oceania	África	Américas	Ásia
Colza	34%	5,2%	0,3%	29,9%v	30,7%
Linhaça	22,7%	0,3%,	3,5%	26,5%	47,1%
Amendoim com casca	0%,	-	31,1%,	9,6%,	59,2%
Semente de cânhamo	90,5 %	0%	-	1,1%	8,4%
Semente de algodão	1,4%,	3,5%,	6,3%,	26,2%,	62,5%
Semente de mostarda	29%	-	0,4%	29,1%	41,5%
Semente de gergelim	0%		59,4%,	3%	37,5%
Semente de girassol	74%	0,1%	4,6%,	9,4%	12%

FAO, 2019

Tabela 4. Maiores exportadores e importadores mundiais de tortas.

Torta	Maiores exportadores (toneladas), 2017		Maiores importadores (toneladas), 2017	
Algodão	Estados Unidos da América	104.629	México	91.264
	Burkina Faso	67.240	República Islâmica Iraniana	53.470
	Índia	53.576	África do Sul	42.749
Amendoim	Sudão	86.292	China, Continente	86.292
	Bélgica	11.167	França	8.445
	Nicarágua	11.072	Chile	8.271
Linhaça	Bélgica	126.248	França	96.496
	Cazaquistão	18.255	Paquistão	24.526
	Alemanha	15.511	Itália	19.336
Mostarda	Índia	752	Índia	5.335
	Bangladesh	14	Bangladesh	169
			Barein	9
Dendê	Indonésia	3.851.102	Nova Zelândia	2.236.995
	Malásia	2.243.435	Países Baixos (Netherlands)	1.318.896
	Países Baixos (Netherlands)		Japão	1.137.464
Colza	Canadá	4.558.730	Estados Unidos da América	3.413.837
	Alemanha	1.756.784	China, Continente	964.650
	Bélgica	694.647	Países Baixos (Netherlands)	872.256
Gergelim	Índia	955	Bangladesh	468
	Nigéria	26	Emirados Árabes Unidos	57
			Índia	26
Girassol	Ucrânia	4.802.717	Turquia	965.137
	Federação Russa	1.183.325	França	938.446
	Argentina	820.261	Países Baixos (Netherlands)	734.472
Soja	Argentina	28.255.419	Indonésia	4.131.588
	Brasil	14.177.056	Vietnam	3.363.532
	Estados Unidos da América	8.608.574	Países Baixos (Netherlands)	3.064.335

FAO, 2019

Tabela 5. Produção de oleaginosas no Brasil em 2018.

Cultivo	Produção (toneladas)	Área (ha)
Colza	45.00	36.00
Linhaça	5.972	6.050
Amendoim com casca	563.347	151.832
Semente de algodão	3.056.921	-
Semente de dendê	134.960	-
Semente de soja	117.887.672	34.771.690
Semente de gergelim	14.000	20.000
Semente de girassol	135.872	84.582

FAO, 2019

3.2 Efeitos de tortas na ingestão de vacas

A ingestão alimentar interfere diretamente no rendimento de leite (Luz et al., 2019), especialmente sob condições de estresse térmico, que intensifica a redução do metabolismo e a ingestão de matéria seca (Gonzaga Neto et al., 2015). Com a adição de tortas na dieta do animal, essa redução pode ser mais evidente a depender da presença de fibra menos digestível, já que causa efeito de ‘enchimento’ ruminal (Eifert et al., 2006b).

Os elevados teores de fibra em detergente neutro (71,13%) e de lignina (17,03%), e menor teor de carboidratos não fibrosos (12,10%) em algumas tortas (i.e., dendê) tendem a restringir a digestibilidade de nutrientes em vacas (Gonzaga Neto et al., 2015), pois causam redução na digestibilidade da proteína bruta e dos carboidratos não fibrosos (Silva et al., 2013). Portanto, a inclusão de tortas com essas qualidades deve ser minimizada para aumentar a ingestão de alimentos (Cunha et al., 2013; Silva et al., 2013; Gonzaga Neto et al., 2015; Oliveira et al., 2016) e a ingestão de matéria seca (Gonzaga Neto et al., 2015), carboidratos (Cunha et al., 2013; Gonzaga Neto et al., 2015; Oliveira et al., 2016), carboidratos não fibrosos (Oliveira et al., 2016) e de nutrientes digestíveis (Silva et al., 2012; Cunha et al., 2013). A torta de algodão aumenta a ingestão de vacas leiteiras quando adicionada na ração (volumoso: palha de arroz) (Uddin et al., 2013). Ainda, tortas são excelentes fontes de proteínas degradáveis no rúmen como a torta de colza (volumoso: silagem de trevo ou silagem de milho inteiro, silagem de alfafa e feno prado) (Johansson et al., 2015; Zymon et al., 2012) e a torta de cânhamo (volumoso: *Phleum pratense* L.; *Festuca pratensis* Huds) (Karlsson, Finell e Martinsson, 2010); além do mais, as tortas podem melhorar a síntese microbiana em vacas, como é o caso da torta de girassol (volumoso: feno de capim Tifton 85) (Pereira et al., 2011a).

Outro ponto importante no fornecimento de tortas nas dietas de vacas são os níveis de energia. Tortas de difícil digestibilidade e ainda pobres em energia, i.e., dendê, não são indicadas para vacas leiteiras a pasto (Silva et al., 2012; Silva et al., 2013), pois reduz a ingestão e não satisfaz a necessidade de energia do animal. A redução da ingestão diminui a produção de propionato, que é responsável pela produção de glicose, usada como fonte de energia para produção de leite (Luz et al., 2019). Outro motivo para a redução na ingestão é a alta disponibilidade de energia no alimento, i.e., alimentos ricos em gorduras insaturadas, que satisfazem a demanda de energia do animal (Eifert et al., 2006a). Essas gorduras como fonte de energia são ingeridas facilmente de óleos vegetais (Filippova, Kiyko e Zazulya, 2018). As tortas de colza (volumoso: silagem de trevo ou silagem de milho inteiro, silagem de alfafa e feno prado) (Johansson et al., 2015; Zymon et al., 2012), de girassol (volumoso: silagem de capim, gramínea e palha de cevada) (Goiri et al., 2019) e de coco (volumoso: feno de média e baixa qualidade) (Jelantik e Belli, 2010) são boas fornecedoras de energia. Por este motivo, dietas de vacas leiteiras alimentadas com torta de mostarda (volumoso: farelo de trigo) (Sohail et al., 2017); e, torta de colza (volumoso: silagem de trevo) (Johansson et al., 2015) também podem consumir menor volume de concentrados. A torta de coco melhora a ingestão de matéria seca da dieta (volumoso: feno de média e baixa qualidade) (Jelantik e Belli, 2010), assim como também a torta de colza (volumoso: silagem de milho inteiro, silagem de alfafa e feno prado) (Zymon et al., 2012); torta de macaúba (volumoso: silagem de milho) (Azevedo et al., 2013a; Azevedo et al., 2013b; Azevedo et al., 2014), e a torta de amendoim (*Panicum maximum* cv. Tanzânia) (Dias et al., 2017).

3.3 Efeitos de tortas na composição do leite

Tortas de oleaginosas incluídas na dieta de vacas em lactação, muda a composição química do leite produzido, devido reduzir os ácidos graxos saturados e aumentar os ácidos graxos insaturados do leite, melhorando seus compostos bioativos. O leite com essas características age protegendo o sistema imune, retardando o envelhecimento e evitando problemas cardiovasculares em humanos (Oliveira et al., 2016). O óleo insaturado de tortas oleaginosas, adicionado à dieta de vacas, além de mudar o perfil de gordura do leite, causam mudanças nas rotas bioquímicas em vacas (Jóźwik et al., 2016), fazendo com que o animal evite usar suas próprias reservas de gorduras, glicose e aminoácidos (Filippova, Kiyko e Zazulya, 2018). Os lipídeos insaturados provenientes das tortas de sementes oleaginosas, quando ingeridos pelo animal passam por modificações no ambiente ruminal (Castellani et al., 2017).

Os ácidos graxos insaturados são tóxicos para bactérias ruminais. Como uma forma de defesa a toxidade, as bactérias realizam a biohidrogenação, convertendo os ácidos graxos insaturados em saturados, que não são tóxicos ao microrganismo. Mas, devido a condições específicas no rúmen, o processo de biohidrogenação não é completado, o que faz com que ácidos graxos insaturados intermediários e que possuem propriedades anticancerígenas sigam para o intestino delgado e sejam absorvidos pelo animal, melhorando o valor nutricional do leite (Pereira et al., 2011a).

Tortas na dieta de vacas leiteiras reduz o teor de ácidos graxos saturados do leite, os quais estão associados a doenças cardíacas coronárias em humanos. A inclusão de algumas tortas na alimentação animal aumenta os ácidos graxos insaturados do leite, por exemplo, a torta de amendoim (volumoso: *Panicum maximum* cv. Tanzania) (Cerutti et al., 2015; Oliveira et al., 2016); torta de azeitona (volumoso: silagem de milho e feno de alfafa ou silagem de milho inteiro, silagem de alfafa e feno prado) (Castellani et al., 2017; Zymon et al., 2012); torta de colza (volumoso: silagem de milho e de alfafa) (Micek et al., 2019); girassol e dendê (volumoso: *Panicum maximum* Jacq. cv. Tanzania) (Oliveira et al., 2016). No entanto, a uso de torta de dendê na dieta de vacas lactantes (volumoso: *Panicum maximum* Jacq. cv. Tanzania) aumenta o teor de ácidos graxos saturados no leite (Oliveira et al., 2015).

A concentração de proteína na dieta é considerada a condição dietética mais importante para síntese da proteína do leite (Huhtanen e Hristov, 2009). Além de consideráveis quantidades de óleo, o alto teor de proteína das tortas (Santos et al., 2019) melhora a absorção pelo animal, i.e., torta de coco (volumoso: feno de média e baixa qualidade) (Jelantik e Belli, 2010), e aumenta o teor no leite (Ullah et al., 2011), conforme estudos com torta de karanja e torta de *nim* (volumoso: milho planta) em substituição a proteína da soja na dieta de vacas lactantes (Raj et al., 2016). Por outro lado, dependendo do tipo de torta, i.e., de cânhamo (volumoso: *Phleum pratense* L.; *Festuca pratensis* Huds), uma redução na capacidade de conversão da proteína dietética em proteína do leite pode ser observada (Karlsson, Finell e Martinsson, 2010). Esse efeito negativo na redução da proteína do leite em função da inclusão de alguns tipos de tortas em dietas de vacas, pode ocorrer pelos elevados teores de FDN (Gonzaga Neto et al., 2015), que reduzem a digestibilidade de nutrientes i.e., de proteína bruta (Silva et al., 2013), ou ainda, as elevadas quantidades de gordura, que diminuem a síntese de proteína microbiana, já que, inibe o crescimento bacteriano (Brask et al., 2013), bloqueando os substratos fermentáveis no rúmen (Chesini et al., 2019), conforme constatado por Rabiee et al. (2012), que em uma meta-análise conduzida com distintas fontes de gordura de oleaginosas verificaram que dietas com alto teor de gordura diminuiu o teor de proteína do leite.

3.4 Efeitos de tortas no valor nutritivo e rendimento do leite de vacas

Embora a torta de dendê empregada na dieta de vacas lactantes promova redução da ingestão alimentar, ela proporciona aumento no teor de gordura do leite. Este parâmetro é muito importante na comercialização do leite, que se baseia nos teores de proteína, gordura, sólido, e também volume do leite (Brasil et al., 2015). O aumento no teor de gordura do leite ocorre por causa da degradação da fibra da torta de dendê no rúmen, que influencia mais no quantitativo de gordura do leite do que na ingestão da fibra em detergente neutro (Wyngaard e Meeske, 2017). A melhoria no valor nutricional do leite ao utilizar torta de dendê (volumoso: *Panicum maximum* Jacq. cv. Tanzania) na dieta de vacas também foi observado por Oliveira et al. (2015), mas sem efeitos negativos no rendimento de leite. Outros tipos de tortas adicionadas à dieta de vacas leiteira mostram efeitos positivos nos parâmetros de valor nutritivo do leite como é o caso da torta de amendoim (volumoso: *Panicum maximum* cv. Tanzania) (Cerutti et al., 2015), de babaçu (volumoso: gramínea canarana; *Echinochloa* sp.) (Araújo et al., 2019), de girassol (volumoso: silagem de capim, gramínea e palha de cevada) (Goiri et al., 2019), de licuri (*Panicum maximum* cv. Massai) (Ferreira et al., 2016) e de colza (volumoso: silagem de milho) (Jóźwik et al., 2016). O aumento do valor nutritivo do leite é uma condição muito importante, devido ao enriquecimento nutricional do leite, que melhora o sabor, e a sua aceitabilidade (Goiri et al., 2019).

O aumento no teor de gordura no leite de vacas, por conseguinte, a modificação dos componentes funcionais do leite (i.e. proteínas, gorduras e sólidos) foi verificado com o uso de tortas de girassol (volumoso: *Pennisetum purpureum* ou feno de capim Tifton 85) (Santos et al., 2012; Pereira et al., 2011a), de mostarda (volumoso: farelo de trigo) (Sohail et al., 2017) e de karanja (volumoso: milho planta) (Raj et al., 2016) na dieta. Tortas de colza (volumoso: silagem de milho inteiro, silagem de alfafa e feno prado) (Zymon et al., 2012; Rutkowska et al., 2015), amendoim, girassol e de dendê (volumoso: *Panicum maximum* Jacq. cv. Tanzania) incrementam o teor de gorduras insaturadas no leite (Oliveira et al., 2016). Por sua vez, torta de karanja (volumoso: milho planta) (Raj et al., 2016) não influencia os teores de proteínas e sólidos totais do leite. Redução do teor de gordura do leite foi notada por Cibik e Keles (2016) ao utilizarem torta de azeitona (volumoso: silagem de milho e feno de alfafa). Outros fatores negativos na composição do leite de vacas foram notados pelo uso de torta de macaúba (volumoso: silagem de milho) (Azevedo et al., 2014) com redução nos teores de sólidos solúveis e de iodo ao usar torta de colza (Nes, 2013; Trøan et al., 2018).

As vacas leiteiras lactantes têm aumento no rendimento de leite quando alimentadas por torta de colza (volumoso: silagem de trevo ou silagem de milho inteiro, silagem de alfafa e feno prado) (Johansson et al., 2015; Zymon et al., 2012), azeitona (volumoso: farelo de trigo) (Sohail et al., 2017), algodão (volumoso: palha de arroz) (Uddin et al., 2013), amendoim (*Panicum maximum* cv. Tanzânia) (Dias et al., 2017), colza (volumoso: silagem de milho) (Jóźwik et al., 2016) e torta de girassol (volumoso: feno de capim Tifton 85) (Pereira et al., 2011a). Apenas a torta de dendê (volumoso: *Saccharum officinarum* ou *Panicum maximum* Jacq. cv. Tanzania) (Cunha et al., 2013; Oliveira et al., 2016) e de macaúba (volumoso: silagem de milho) (Azevedo et al., 2013a; Azevedo et al., 2013b) mostram efeitos negativos na quantidade de leite quando adicionadas à dieta de vacas lactantes.

Na Tabela 6, é exibido um resumo dos percentuais de tortas que podem ser oferecidos na dieta de vacas lactantes, e os efeitos no valor nutritivo e rendimento de leite.

Tabela 6. Níveis recomendados de tortas na dieta de vacas lactantes e o efeito no rendimento e valor nutritivo do leite.

Autores	Torta	Níveis	valor nutritivo do leite	Rendimento do leite
Santos et al. (2012)	Torta de girassol	75%	Melhorou	Reduziu
Pereira et al. (2011b)	Torta de girassol	21%	Não afetou	Não afetou
Iqbal et al. (2019)	Torta de dendê	40%	Melhorou	Reduziu
Oliveira et al. (2015)	Torta de dendê	75%	Não afetou	Não afetou
Silva et al. (2012)	Torta de dendê	25%	Não avaliou	Não avaliou
Zymon et al. (2012)	Torta de colza	30%	Não afetou	Não afetou
Araújo et al. (2019)	Torta de babaçu	25%	Não afetou	Não afetou
Uddin et al. (2013)	Torta de algodão	35%	Melhorou	Aumentou
Cerutti et al. (2015)	Torta de amendoim	100%	Melhorou	Não avaliou
Costa et al. (2015)	Torta de amendoim	100%	Não avaliou	Não avaliou
Cibik e Keles. (2016)	Torta de azeitona	13%	Piorou	Não afetou
Ferreira et al. (2017)	Torta de licurí	400 g/kg	Não afetou	Não afetou
Azevedo et al. (2014)	Torta de macaúba	300g kg	Piorou	Reduziu
Azevedo et al. (2013)	Torta de macaúba	10%	Não avaliou	Reduziu
Sohail et al. (2017)	Torta de mostarda	12%	Melhorou	Aumentou
Raj et al. (2016)	Torta de <i>nim</i>	50%	Não afetou	Não afetou
Raj et al. (2016)	Torta de karanja	50%	Não afetou	Não afetou

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A torta de dendê avaliada nos estudos elegíveis foi considerada como alimento de baixo teor de energia disponível e elevados teores de fibra, capaz de reduzir a ingestão em vacas em lactação. As tortas com potencial para reduzir a ingestão de ração, por atenderem as exigências de energia das vacas, incluem as tortas de colza, girassol, coco e mostarda. Por outro lado, a torta de coco e colza, também favoreceram o aumento da ingestão em alguns estudos, assim como, a torta de macaúba e amendoim. Já para o aumento no rendimento de leite, as tortas que mais se destacaram foram as tortas de colza, azeitona, algodão, amendoim, girassol e mostarda. Enquanto, que a torta de dendê e de macaúba foram associadas a redução no rendimento do leite. Mas em alguns estudos a torta de dendê não afetou o rendimento de leite. O aumento e/ou melhora do valor nutricional do leite das vacas, observados nos estudos elegíveis ocorreu com o uso de torta de amendoim, algodão, babaçu, girassol, licuri, colza, karanja, *nim*, azeitona, girassol, mostarda e dendê. Por outro lado, as tortas de cânhamo e azeitona apresentaram uma baixa capacidade de transferência dos seus componentes nutricionais para o leite, reduzindo o valor nutricional do mesmo. Devido ao baixo número de estudos primários para algumas tortas e a inconsistência dos desfechos observados, ainda se tem muitas dúvidas dos reais efeitos do uso de tortas oleaginosas nos parâmetros de ingestão, rendimento e valor nutritivo do leite de vacas em lactação. Por exemplo, é insuficiente o número de estudos com tortas de azeitona, licuri, babaçu, karanja, cânhamo e *nim* avaliando os parâmetros de ingestão; os efeitos no rendimento de leite em função do uso das tortas de licuri, babaçu, karanja, cânhamo e *nim*; e, estudos que testassem os efeitos da inclusão de torta de coco e macaúba na dieta de vacas em lactação nos parâmetros nutricionais do leite. A aplicação de meta-análise combinada à análise de componentes principais a partir de estudos primários com vários tipos de torta pode elucidar as lacunas de conhecimento sobre os seus efeitos nos parâmetros de ingestão, valor nutritivo e rendimento do leite de vacas leiteiras em lactação.

5 REFERÊNCIAS

- Abdalla, A. L., J. Cleto, F. Antonio, R. de Godoi, C. D. A. Carmo, J. Luiz, e D. P. Eduardo. 2008. Utilização de subprodutos da indústria de biodiesel na alimentação de ruminantes. *Rev. Bras. Zootec.* 37:260–258. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982008001300030>.
- Araújo, R. A. de, L. F. da Silva, O. A. do Nascimento Jr., P. J. S. Damasceno, P. M. Costa, e Z. F. da Silva. 2019. Performance of lactating cows fed with cake of babassu : ingestive behavior , intake , digestibility , production and quality of milk. *Biol. Rhythm Res.* 1–11. <https://doi.org/10.1080/09291016.2019.1611334>.
- Azevedo, R. A. de, A. C. R. dos Santos, C. S. Ribeiro Júnior, F. L. Bicalho, R. N. Bahiense, L. Araújo, e L. C. Gerashev. 2013a. Comportamento ingestivo de vacas alimentadas com torta de macaúba. *Ci. Rural* 43:1485–1488. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782013000800023>.
- Azevedo, R. A., A. C. R. Santos, C. S. Ribeiro Júnior, F. P. C. Santos, L. Araújo, F. L. Bicalho, L. M. Fonseca, e L. C. Gerashev. 2014. Desempenho de vacas em lactação alimentadas com dietas contendo torta de macaúba. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.* 66:211–218. <https://doi.org/10.1590/S0102-09352014000100029>.
- Azevedo, R.A., F. L. Bicalho, L. Araújo, C. S. Ribeiro Jr., A. C. R. Santos, D. G. Jayme, e L. C. Gerashev. 2013b. Análise técnico-econômica de diferentes níveis da torta de macaúba em dietas para vacas leiteiras. *Arch. de Zootec.* 62:1–4. <http://dx.doi.org/10.4321/S0004-05922013000100016>.
- Brasil, R. B., Silva, M. A. P. Da, T. S. Carvalho, J. F. Cabral, J. C. Garcia, E. S. Nicolau, R. B. S. Neves, e M. E. Lage. 2015. Chemical profile , somatic cell count and milk production of Holstein, Girolando and Jersolando cows. *Afr. J. Agric. Res.* 10:748–754. <https://doi.org/10.5897/AJAR2014.9207>.
- Brask, M., P. Lund, M. R. Weisbjerg, A. L. F. Hellwing, M. Poulsen, M. K. Larsen, e T. Hvelplund. 2013. Methane production and digestion of different physical forms of rapeseed as fat supplements in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 96:2356–2365. <https://doi.org/10.3168/jds.2011-5239>.
- Carrera, R. A. B., C. M. Veloso, L.S. Knupp, A.H. de Souza Júnior, E. Detmann, e R. de P. Lana. 2012. Protein co-products and by-products of the biodiesel industry for ruminants feeding. *Rev. Bras. Zootec.* 41:1202–1211. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982012000500018>
- Castellani, F., A. Vitali, N. Bernardi, E. Marone, F. Palazzo, L. Grotta, e G. Martino. 2017. Dietary supplementation with dried olive pomace in dairy cows modifies the composition

- of fatty acids and the aromatic profile in milk and related cheese. *J. Dairy Sci.* 100:8658–8669. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-12899>.
- Cerutti, W. G., J. Viegas, A. M. Barbosa, R. L. Oliveira, C. A. Dias, E. S. Costa, J. L. Nornberg, G. G. P. de Carvalho, L. R. Bezerra, e A. M. Silveira. 2016. Fatty acid profiles of milk and Minas frescal cheese from lactating grazed cows supplemented with peanut cake. *J. Dairy Res.* 83:42–49. <https://doi.org/10.1017/S0022029915000631>.
- Cibik, M., e G. Keles. 2016. Effect of stoned olive cake on milk yield and composition of dairy cows. *Rev Med Vet (Toulouse)* 167:154–158. https://www.revmedvet.com/2016/RMV167_154_158.pdf.
- Costa, E. I. de S., G. G. P. de Carvalho, A. J. V. Pires, C. A. dos S. Dias, W. G. Cerutti, R. L. Oliveira, A. M. Barbosa, e C. M. de A. Maranhão. 2015. Feeding behavior and responses in grazing lactating cows supplemented with peanut cake. *Rev. Bras. Zootec.* 44:138–145. <https://doi.org/10.1590/S1806-92902015000400002>.
- Cunha, O. F. R., N. J. N. Miranda, R. P. Maciel¹, R. João, A. V. Lúcia, J. Paiva, e F. R. C. Miotto. 2013. Palm (*Elaeis guineensis* L.) kernel cake in diets for dairy cows. *Semin. Cienc. Agrar.* 34:445–454. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2013v34n1p445>.
- Dias, C. A. S., A. R. Bagaldo, W. G. Cerutti, A. M. Barbosa, & G. G. P. de Carvalho, Bezerra, E. I. S. Costa, L. Rocha, Oliveira, e R. Lopes. 2017. Peanut cake can replace soybean meal in supplements for lactating cows without affecting production. *Trop. Anim. Health. Prod.* 50:651–657. <https://doi.org/10.1007/s11250-017-1482-6>.
- Eifert, E. da C., R. de P. Lana, D. P. D. Lanna, R. M. A. Teixeira, P. B. Arcuri, M. I. Leão, M. V. M. de Oliveira, e S. de C. Valadares Filho. 2006b. Perfil de ácidos graxos e conteúdo de ácido linoléico conjugado no leite de vacas alimentadas com a combinação de óleo de soja e fontes de carboidratos na dieta. *Rev. Bras. Zootec.* 35:1829–1837. <https://doi.org/10.1590/s1516-35982006000600034>.
- Eifert, E. da C., R. de P. Lana, D. P. D. Lanna, W. M. Leopoldino, P. B. Arcuri, M. I. Leão, M. R. Cota, e S. de C. Valadares Filho. 2006a. Perfil de ácidos graxos do leite de vacas alimentadas com óleo de soja e monensina no início da lactação. *Rev. Bras. Zootec.* 35:219–228. <https://doi.org/10.1590/s1516-35982006000100028>.
- Ferreira, A. C., J. F. Vieira, A. M. Barbosa, T. M. Silva, L. R. Bezerra, N. G. Nascimento Junior, J. E. de Freitas Junior, S. M. P. L. Jaeger, P. de A. Oliveira, e R. L. Oliveira. 2017. Effect of replacing ground corn and soybean meal with licuri cake on the performance , digestibility , nitrogen metabolism and ingestive behavior in lactating dairy cows. *Animal* 11:1957–1965. <https://doi.org/10.1017/S175173111700074X>.

- Ferreira, J. E. V., M. T. S. Pinheiro, W. R. S. dos Santos, e R. da S. Maia. 2016. Graphical representation of chemical periodicity of main elements through boxplot. *Educacion Quimica* 27:209–216. <https://doi.org/10.1016/j.eq.2016.04.007>.
- Filippova, O. B., E. I. Kiyko, e A. N. Zazulya. 2018. Adding of substandard sunflower seeds as an energy supplement to the ration of dairy cows. *Russ. Agric. Sci.* 44:345–349. <https://doi.org/10.3103/S1068367418040080>.
- Food and Agricultural Organization (FAO). FAOSTAT. Available at <http://apps.fao.org/>.
- Gaillard, C., M. T. Sørensen, M. Vestergaard, A. Basar, M. K. Larsen, H. Martinussen, U. Kidmose, e J. Sehested. 2017b. Effect of substituting soybean meal and canola cake with dried distillers grains with solubles at 2 dietary crude protein levels on feed intake, milk production, and milk quality in dairy cow. *J. Dairy Sci.* 100:8928–8938. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-12718>.
- Gaillard, C., M. T. Sørensen, M. Vestergaard, M. R. Weisbjerg, A. Basar, M. K. Larsen, H. Martinussen, U. Kidmose, e J. Sehested. 2017a. Effect of substituting soybean meal and canola cake with grain-based dried distillers grains with solubles as a protein source on feed intake, milk production, and milk quality in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 100:7980–7989. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-12654>.
- Glasser, F., A. Ferlay, and Y. Chilliard. 2008. Oilseed lipid supplements and fatty acid composition of cow milk: a meta-analysis. *J. Dairy Sci.* 91:4687–4703. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-0987>.
- Goiri, I., I. Zubiria, H. Benhissi, R. Atxaerandio, R. Ruiz, N. Mandaluniz, A. Garcia-Rodriguez. 2019. Use of cold-pressed sunflower cake in the concentrate as a low-input local strategy to modify the milk fatty acid profile of dairy cows. *Animals* 9:1–14. <https://doi.org/10.3390/ani9100803>.
- Gonzaga Neto, S., R. L. Oliveira, F. Helton, e S. de Lima. 2015. Milk production, intake, digestion, blood parameters, and ingestive behavior of cows supplemented with by-products from the biodiesel industry. *Trop. Anim. Health. Prod.* 47:191–200. <https://doi.org/10.1007/s11250-014-0706-2>.
- Hernández, I. C. R., e L. A. G. Valderrama. 2017. Evaluación de suplementos alimenticios conteniendo torta de higuierilla sobre la degradación in situ de dietas con pasto kikuyo y la producción lechera en vacas Holstein. *Rev MVZ Cordoba*. <http://dx.doi.org/10.21615/cesmvz.12.2.3>.
- Huhtanen, P., e Hristov, A. N. (2009). A meta-analysis of the effects of dietary protein concentration and degradability on milk protein yield and milk N efficiency in dairy

- cows. J. Dairy Sci. 92, 3222-3232. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1352>.
- Iqbal, Z., M. A. Rashid, T. N. Pasha, e J. A. Bhatti. 2019. Effect of feeding varying levels of palm kernel cake on production performance and blood metabolites of lactating crossbred dairy cattle. J Anim Plant Sci 29:419–424. <http://www.thejaps.org.pk/.../10.pdf>.
- Jelantik, I. G. N., e H. L. .L. Belli. 2010. Effect of urea or coconut cake supplementation on nutrient intake and digestion of bali cows maintained on tropical grass hay. urnal Ilmu Ternak dan Vet. 15:196–204. <http://dx.doi.org/10.14334/jitv.v15i3.658>.
- Johansson, B., K. Kumm, M. Åkerlind, e E. Nadeau. 2015. Cold-pressed rapeseed cake or full fat rapeseed to organic dairy cows - milk production and profitability. Org. Agric. 5:29–38. <https://doi.org/10.1007/s13165-014-0094-y>.
- Jóźwik, A., N. Strzałkowska, M. Markiewicz-kęszycka, J. Krzyżewski, P. Lipińska, J. Rutkowska, B. Wróblewska, J. Klusek, e R. G. Cooper. 2016. Effects of replacing rapeseed cake with linseed cake in a corn-grass silage-based diet for milking cows. Anim. Sci. Pap. Rep. 34:129–142. <http://www.ndsl.kr/ndsl/search/detail/article/articleSearchResultDetail.do?cn=NART77076193>.
- Karlsson, L., M. Finell, e K. Martinsson. 2010. Effects of increasing amounts of hempseed cake in the diet of dairy cows on the production and composition of milk. Animal 4:1854–1860. <https://doi.org/10.1017/S1751731110001254>.
- Katongole, C. B., J. M. Kabirizi, W. N. Nanyeenya, J. Kigongo, e G. Nviiri. 2016. Milk yield response of cows supplemented with sorghum stover and Tithonia diversifolia leaf hay diets during the dry season in northern Uganda. Trop Anim Health Prod 48:1463–1469. <https://doi.org/10.1007/s11250-016-1119-1>.
- Lima, M. V. G. 2015. Coprodutos do biodiesel em dietas para novilhas e vacas lactantes. Tese de Doutorado. Departamento de Zootecnia, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia., Itapetinga.
- Luz, G. B., R. F. de Matos, J. B. Cardoso, e C. C. Brauner. 2019. Exigências nutricionais, cálculos de dieta e mensuração de sobras no manejo nutricional de vacas leiteiras. Pesquisa Agropecuária Gaúcha 25:16–31. <http://www.revistapag.fepagro.rs.gov.br/files/PAG25article3.pdf>.
- Madzimure, J., e C. Musimurimwa. 2011. Milk yield and quality in Guernsey cows fed cottonseed cake-based diets partially substituted with baobab (*Adansonia digitata* L.) seed cake. Trop Anim Health Prod 43:77–82. <https://doi.org/10.1007/s11250-010-9656-5>.
- Mdziniso, M. P., A. M. Dlamini, G. Z. Khumalo, e J. F. Mupangwa. 2016. Effects of Feeding

- Marula [*Sclerocarya birrea* (L .)] Seed cake on milk yield and composition for lactating dairy cows. *Br J Appl Sci Technol* 18:1–10. <https://doi.org/10.9734/BJAST/2016/29682>.
- Micek, P., Z. M. Kowalski, M. Sady, J. Oprządek, J. Domagała, e P. Wanat. 2019. An energy-protein feed additive containing different sources of fat improves feed intake and milk performance of dairy cows in mid-lactation. *J. Dairy Res.* 86:55–62. <https://doi.org/10.1017/S0022029919000062>.
- Møller, H. B., V. Moset, M. Brask, M. R. W. B, e P. Lund. 2014. Feces composition and manure derived methane yield from dairy cows: In fl uence of diet with focus on fat supplement and roughage type. *Atmos. Environ.* 94:36–43. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2014.05.009>.
- Nes, S. H. 2013. effekt av aukande mengde rapskake i rasjonen på innhald av jod i kumjøl. MS Thesis. Institutt for Husdyr- og Akvakulturvitskap, Universitetet for Miljø- og Biovitskap., Noruega. <http://hdl.handle.net/11250/186292>.
- OECD/FAO (2019), OECD-FAO Agricultural Outlook 2019-2028, OECD Publishing, Paris/Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. https://doi.org/10.1787/agr_outlook-2019-en
- Oliveira, R. L., S. Gonzaga Neto, F. Helton, S. de Lima, A. N. de Medeiros, L. R. Bezerra, E. S. Pereira, e A. R. Bagaldo. 2016. Composition and fatty acid pro fi le of milk from cows supplemented with pressed oilseed cake. *Anim. Sci. J.* 87:1225–1232. <https://doi.org/10.1111/asj.12571>.
- Oliveira, R., M. Faria, R. Silva, L. Bezerra, G. Carvalho, A. Pinheiro, e J. Simionato. 2015. Fatty acid profile of milk and cheese from dairy cows supplemented a diet with palm kernel cake. *Molecules* 20:15434–15448. <https://doi.org/10.3390/molecules200815434>.
- Palanivel, M., and K. Sharma. 2016. Effect of feeding water soaked rapeseed-mustard cake (*Brassica juncea*) based diet on the performance of lactating cows. *Asian J. Dairy Food Res.* 35:201–205. <https://doi.org/10.18805/ajdfr.v3i1.3572>.
- Palmquist, D. L., e T. C. Jenkins. 1980. Fat in lactation rations. *J. Dairy Sci.* 63:1–14. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(80\)82881-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(80)82881-5).
- Pereira, E. S., P. G. Pimentel, G. M. B. Moreno, I. Y. Mizubuti, E. L. de A. Ribeiro, A. C. N. Campos, S. M. P. de Oliveira, A. P. Pinto, e R. M. da S. Aquino. 2012. Intake, nutrient digestibility and nitrogen balance in lactating dairy cows fed diets containing sunflower cake. *Semin. Cienc. Agrar.* 33:2461–2470. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2012v33n6p2461>.
- Pereira, E. S., P. G. Pimentel, M. A. D. Bomfim, M. S. de S. Carneiro, e M. J. D. Cândido.

- 2011a. Torta de girassol em rações de vacas em lactação: produção microbiana, produção, composição e perfil de ácidos graxos do leite. *Acta Sci* 33:387–394. <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v33i4.11327>.
- Pereira, E. S., P. G. Pimentel, M. S. de S. Carneiro, I.Y. Mizubuti, E. L. de A. Ribeiro, J. N. Rocha Jr., e M. R. G. F. Costa. 2011b. Comportamento ingestivo de vacas em lactação alimentadas com rações a base de torta de girassol. *Semin. Cienc. Agrar.* 32:1201–1210. <http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/view/7700/8395>.
- Prima, N. Z., A. S. Khan, e R. Habib. 2018. Effect of pre-partum and post-partum concentrate supplementation on milk yield and quality , calf birth weight and post-partum heat period of Holstein-Friesian crossbred cows. *Fundam. Appl. Agric.* 3:579–585. <https://doi.org/10.5455/faa.297521>.
- Raj, D. N., J. V. Ramana, S. B. N. Rao, D.D. Kumar, M. V. A. N. Suryanarayana, Y. R. Reddy, e K. S. Prasad. 2016. Effect of incorporation of detoxified karanja (*Pongamia pinnata*) and neem (*Azadirachta indica*) seed cakes in total mixed rations on milk yield, composition and efficiency in crossbred dairy cows. *Indian J Anim Sci* 86:489–492. <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20163176415>.
- Reijden, O. L. Van Der, M. B. Zimmermann, e V. Galetti. 2017. Iodine in dairy milk: sources, concentrations and importance to human health. *Best Pract. Res. Clin. Endocrinol. Metab.* 31:1–11. <https://doi.org/10.1016/j.beem.2017.10.004>.
- Rutkowska, J., M. Białek, E. Bagnicka, J. Jarczak, K. Tambor, N. Strzałkowska, A. Jóźwik, J. Krzyżewski, A. Adamska, e E. Rutkowska. 2015. Effects of replacing extracted soybean meal with rapeseed cake in corn grass silage-based diet for dairy cows. *J. Dairy Sci.* 82:1–8. <https://doi.org/10.1017/S0022029915000060>.
- Santos, A. C. R. dos., D. Q. Magalhães, R. A. Azevedo, I. L. N. L. Vieira, D. E. G. França, L. C. Gerashev, e E. R. Duarte. 2015. Efeito da inclusão da torta de macaúba na população de protozoários do rúmen de vacas leiteiras. *Arq Bras Med Vet Zootec* 67:1653–1659. <https://doi.org/10.1590/1678-4162-8017>.
- Santos, A. X. dos., L. das D. F. da Silva, J. A. C. Lançanova, E. L. A. Ribeiro, A. A. Cestari, e R. D. Dias. 2012. Efeitos da suplementação de torta de girassol para vacas lactantes: desempenho produtivo e análise econômica. *Semin. Cienc. Agrar.* 33:3401–3410. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2012v33Supl2p3401>.
- Santos, L. V., R. R. Silva, F. F. Silva, J. W. D. Silva, D. S. Barroso, A. P. G. Silva, S. O. Souza, e M. C. Santos. 2019. Increasing levels of palm kernel cake (*Elaeis guineensis* Jacq.) in diets for feedlot cull cows. *Chil J Agric Res* 79:628–635. <https://doi.org/10.4067/S0718->

58392019000400628.

- Silva, L. D. da., Pereira, O. G., Valadares Filho, S. C., Ribeiro, K. G., Valadares, R. F. D., Silva, T. C., & Santos, S. A. (2015). Intake, digestibility, and nitrogen efficiency in Holstein heifers fed treated jatropha (*Jatropha curcas* L.) kernel cake. *Livestock Science*, 178, 100-107. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2015.05.026>.
- Silva, R. L. N. V., R. L. Oliveira, O. L. Ribeiro, A. G. Leão, G. G. P. Carvalho, A. C. Ferreira, L. F. B. Pinto, e E. S. Pereira. 2013. Palm kernel cake for lactating cows in pasture: intake, digestibility, and blood parameters. *Ital. J. Anim. Sci.* 12:257–264. <https://doi.org/10.4081/ijas.2013.e42>.
- Silva, R. L. N. V. da., R. L. Oliveira, G. G. P. de Carvalho, O. L. Ribeiro, A. G. Leão, M. M. de S. Faria, e C. A. da S. Ledo. 2012. Degradabilidade ruminal e balanço energético em vacas leiteiras a pasto suplementadas com torta de dendê. *Rev. Bras. Saúde Prod. Anim.* 13:503–515. <https://doi.org/10.1590/S1519-99402012000200018>.
- Silveira, S. R., S. A. Terry, T. E. Biffin, R. M. Maurício, L. Gustavo, R. Pereira, A. L. Ferreira, R. S. Ribeiro, J. P. Sacramento, T. R. Tomich, e A.V. Chaves. 2019. Replacement of soybean meal with soybean cake reduces methane emissions in dairy cows and an assessment of a face-mask technique for methane measurement. *Front Vet Sci* 6:1–13. <https://doi.org/10.3389/fvets.2019.00295>.
- Sohail, M., M. Nauman-ul-islam, I. A. Shah, A. Raziq, S. Ullah, e A. A. Shah. 2017. Brief report effect of supplementing different levels of mustard seed cake on milk yield and milk composition of achai cattle. *Meat Sciences and Veterinary Public Health* 2:2002–2005. encurtador.com.br/ejz56.
- Teshome, M., M. Urge, G. Assefa, e K. Melesse. 2019. Effects of sources of dietary protein supplemented to oat-vetch hay mixture on milk yield and milk composition of crossbred dairy cows. *Int. J. Livest. Prod.* 10:56–61. <https://doi.org/10.5897/IJLP2017.0439>.
- Trøan, G., J. Pihlava, A. Brandt-kjelsen, B. Salbu, e E. Prestløkken. 2018. Heat-treated rapeseed expeller press cake with extremely low glucosinolate content reduce transfer of iodine to cow milk. *Anim. Feed Sci. Technol.* 239:66–73. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2018.02.011>.
- Uddin, H., A. Rahman, R. Khan, B. D. Khan, D. Muhammad, K. Farid, K. Anwar, e ibghat U. and Z. Ali. 2013. Effect of cotton seed cake on cattle milk yield and composition at livestock research and development station surezai, Peshawar, Pakistan. *Pak J Nutr* 12:468–475. <https://doi.org/10.3923/pjn.2013.468.475>.
- Vasilachi, A., G. Ciurescu, e M. Hăbeanu. 2018. Milk yield, physico-chemical parameters and

fatty acid content from dairy cows fed two types of non-genetically modified soybean cakes. *Indian J Anim Sci* 88:558–561. encurtador.com.br/nvBH4.

- Zubiria, I., A. Garcia-rodriguez, R. Atxaerandio, e R. Ruiz, H. Benhissi, N. Mandaluniz, J. L. Lavín, L. Abecia, e I. Goiri. 2019. Effect of feeding cold-pressed sunflower cake on ruminal fermentation, lipid metabolism and bacterial community in dairy cows. *Animals* 9:1–18. <https://doi.org/10.3390/ani9100755>.
- Zymon, M., J. Strzetelski, e J. Kowalczyk. 2012. The effectiveness of rapeseed cake and glycerine in feeding dairy cows. *J. Anim. Feed Sci.* 21:49–64. <https://doi.org/10.22358/jafs/66035/2012>.

CAPÍTULO II – INGESTÃO E DIGESTIBILIDADE APARENTE DA MATÉRIA SECA, PRODUÇÃO E COMPOSIÇÃO DO LEITE DE VACAS ALIMENTADAS COM DIETAS CONTENDO TORTAS DE OLEAGINOSAS: META-ANÁLISE E ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS

INGESTÃO E DIGESTIBILIDADE APARENTE DA MATÉRIA SECA, PRODUÇÃO E
COMPOSIÇÃO DO LEITE DE VACAS ALIMENTADAS COM DIETAS CONTENDO
TORTAS DE OLEAGINOSAS: META-ANÁLISE E ANÁLISE DE COMPONENTES
PRINCIPAIS

RESUMO

Tortas de sementes oleaginosas podem substituir parcialmente o uso de milho/soja na dieta, sem perdas de desempenho dos animais. Objetivou-se realizar uma meta-análise e análise de componentes principais, para avaliação dos efeitos de tortas na ingestão e digestibilidade aparente da matéria seca (DAMS), produção e composição do leite de vacas leiteiras em lactação. O conjunto de dados usado na meta-análise foi oriundo de 51 trabalhos publicados entre 2009-2019, que resultaram em 119 estudos com 18 tipos de tortas avaliadas em 1.350 vacas. As dispersões dos dados de atributos das vacas e características das dietas foram analisadas usando BoxPlots. O tamanho do efeito de cada estudo foi mensurado pela diferença média padronizada e os modelos de efeitos fixo e aleatório foram ajustados. Testes de heterogeneidade e de viés de publicação foram aplicados. A análise de componentes principais foi utilizada para explicação da heterogeneidade dos resultados e identificação da contribuição de cada fração da dieta, tipo e teor de torta nas respostas das variáveis analisadas. As vacas alimentadas com tortas aumentaram a ingestão de matéria seca (IMS), em $0,366 \text{ kg d}^{-1}$ ($P < 0,001$) e IMS em função do peso vivo do animal em $0,103\%$ ($P < 0,000$) em relação à dieta sem torta. Já o teor de proteína do leite reduziu em $0,050\%$ ($P < 0,010$). Os teores de fibra em detergente neutro (FDN) (26 a 50%) e extrato etéreo (EE) (3% a 7%) das dietas com torta não afetaram a DAMS. O efeito da inserção da torta na produção de leite dependeu também da proporção de torta, concentrações de FDN e IMS. Tortas em níveis de 10 a 30% podem substituir o milho/soja da dieta sem afetar a produção de leite, a produção de componentes do leite (gordura, proteína e lactose) e os teores (gordura e lactose) do leite, mas podem reduzir o teor de proteína do leite.

Palavras-chave: Ingestão de matéria seca. Digestibilidade. Produção de leite. Teor de proteína.

INGESTION AND APPARENT DIGESTIBILITY OF DRY MATTER, PRODUCTION
AND COMPOSITION OF MILK FROM COWS FED OILSEED CAKES DIETS: META-
ANALYSIS AND ANALYSIS OF MAIN COMPONENTS

ABSTRACT

Oilseed cakes can partially replace the use of corn/soya in the diet, without loss of animal performance. The objective was to perform a meta-analysis and analysis of main components, to evaluate the effects of cakes on dry matter intake and apparent digestibility (DAMS), production and composition of milk from lactating dairy cows. The data set used in the meta-analysis came from 51 papers published between 2009-2019, which resulted in 119 studies with 18 types of cakes evaluated in 1,350 cows. The data dispersions of cow attributes and diet characteristics were analyzed using BoxPlots. The effect size of each study was measured by the standardized mean difference and the fixed and randomized effect models were adjusted. Heterogeneity and publication fidelity tests were applied. Principal component analysis was used to explain the heterogeneity of results and identify the contribution of each diet fraction and cake type in the responses of the analyzed variables. Cows fed with cakes increased dry matter intake (IMS) by 0.366 kg d⁻¹ (P <0.001) and IMS as a function of live weight of the animal by 0.103% (P<0.000) in relation to the diet without cake. The milk protein content reduced by 0.050% (P<0.010). The fiber content in neutral detergent (FDN) (26 to 50%) and ethereal extract (EE) (3% to 7%) of cake diets did not affect DAMS. The effect of inserting the cake in milk production also depended on the proportion of cake, FDN and IMS concentrations. cakes at levels of 10 to 30% can replace the corn/soybean in the diet without affecting milk production, the production of milk components (fat, protein and lactose) and the concentration (fat and lactose) of milk, but can reduce the protein concentration of milk.

Keywords: Dry matter intake. Digestibility. Milk production. Protein concentration.

1 INTRODUÇÃO

Diversos estudos avaliaram os efeitos da substituição do milho e do farelo de soja por diferentes tipos de tortas na alimentação de vacas leiteiras (Dias et al., 2017; Costa et al., 2015; Gonzaga Neto et al., 2015; Oliveira et al., 2016; Rutkowska et al., 2015; Zymon et al., 2012). Parte dessas pesquisas tem indicado melhoria na eficiência dos parâmetros nutricionais do leite (Oliveira et al., 2016; Prima, Khan e Habib, 2018), bem como na concentração de ácidos graxos insaturados (Castellani et al., 2017; Micek et al., 2019) e na produção de leite (Jóźwik, 2016; Sohail et al., 2017; Prima, Khan e Habib, 2018; Micek et al. 2019). Além disso, tem-se percebido diminuição das perdas de energia pelo animal (Brask et al., 2013; Filippova, Kiyko e Zazulya 2018) e redução da ingestão de ração (Johansson et al., 2015), já que a gordura presente em algumas tortas atende à demanda de energia do animal (Karlsson, Finell e Martinsson, 2010).

Por outro lado, outras pesquisas mostram desvantagens ou a falta de efeito quando se usa torta na dieta de vacas leiteiras, como a redução na digestibilidade da fibra (Silva et al., 2012; Silva et al., 2013) por causa dos elevados teores de FDN (Gonzaga Neto et al., 2015) ou pelos elevados teores de gordura (Chesini et al., 2019), que em altas quantidades restringem a IMS, logo, reduz a produção de propionato no rúmen, precursor da glicose, principal fonte de energia para a produção de leite (Luz et al., 2019). Outros estudos mostram redução da produção de leite e da gordura butírica (Madzimure e Musimurimwa, 2011); diminuição do valor nutritivo da dieta (Cunha et al., 2013); acréscimo dos teores de ácidos graxos saturados (Oliveira et al., 2015); redução da digestibilidade da proteína bruta e dos carboidratos não fibrosos (Silva et al., 2013); e, redução do teor de iodo do leite (Nes, 2013).

Há muitas contradições de resultados de pesquisas dos efeitos do uso de tortas na dieta animal sobre o desempenho, componentes e a produção do leite. Essas distinções se devem aos vários tipos de tortas que oferecem as mais variadas composições químicas (Madzimure e Musimurimwa, 2011; Dias, 2013; Prima, Khan e Habib, 2018; Micek et al., 2019; Embaye, 2019). A espécie, raça e genética dos animais, componentes da dieta e manejo dietético também induzem a distintas respostas pelo animal (Brask et al., 2013; Nes, 2013; Johansson et al., 2015; Micek et al., 2019).

A grande quantidade de dados sobre o uso de torta leva a necessidade de sintetização de resultados para identificação de fatores que afetam em parâmetros de produção e que induzem a distintas respostas pelo animal. Para este tipo de diagnóstico, a meta-análise é uma técnica bastante eficaz, pois confronta os resultados de muitas pesquisas (Viechtbauer, 2010), como aqueles conduzidos por Huhtanen, Hetta e Swensson (2011), Ferraretto, Crump e Shaver (2013), Martineau, Ouellet e Lapierre (2013), Meignan et al. (2017), Leduc et al. (2017) e

Sánchez-Duarte et al. (2019), que estudaram os efeitos de componentes dietéticos nos atributos de ingestão, produção e componentes do leite de vacas. O efeito de lipídeos dietéticos, na forma de sementes e de óleos de quatro tipos de sementes oleaginosas (girassol, soja, colza e linhaça) foi avaliado por Glasser, Ferlay e Chilliard (2008), mas para avaliação do perfil de ácidos graxos do leite. Outra técnica muito importante nesse tipo de achado é a análise de componentes principais que permite a identificação dos fatores que mais contribuem na variação do conjunto de dados e permite avaliar a heterogeneidade do resultado obtido na meta-análise, de modo a direcionar para conclusões e recomendações mais assertivas (Slimen et al., 2019).

Inicialmente, acreditava-se que a inserção da torta na dieta de vacas leiteiras em lactação poderia reduzir parcialmente o milho e o farelo de soja da dieta sem afetar de forma significativa a ingestão, digestibilidade, produção de leite, a produção de componentes do leite e os seus teores no leite, contribuindo para a redução dos custos com a alimentação. Apesar da relevância desta informação e de estudos primários já realizados, nenhum estudo meta-analítico foi conduzido com este propósito. Neste artigo, objetivou-se realizar uma meta-análise e análise de componentes principais, para avaliação dos efeitos de tortas na ingestão e digestibilidade da matéria seca, produção e componentes do leite de vacas leiteiras em lactação.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Levantamento de estudos para condução de meta-análise

Um levantamento de estudos publicados foi conduzido por meio de busca nas bases de dados Scopus Preview (<https://www.scopus.com/home.uri>), Web of Science (WOS) (<https://apps.webofknowledge.com>), Science Direct (<https://www.sciencedirect.com>), Google Scholar (<https://scholar.google.com>), Scientific Electronic Library Online (SciELO) (<https://scielo.org>), PubMed (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed>), Portal de Busca Integrada (PBi) (<http://www.buscaintegrada.usp.br>), Portal de Periódicos CAPES (<https://www.periodicos.capes.gov.br>), Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD) (<http://bdtd.ibict.br/vufind>), Science.gov (<https://www.science.gov>), WorldWideScience.org (<https://worldwidescience.org>), EpringerLink (<https://link.springer.com>) e Academia.edu (<https://www.academia.edu>), usando as palavras-chave “torta”, “vacas leiteiras”, “vaca em lactação”, e para uma melhor acuracidade na busca, às duas últimas palavras-chave foram combinadas com “torta de algodão”, “torta de amendoim”, “torta de azeitona”, “torta de babaçu”, “torta de cânhamo”, “torta de canola”, “torta de coco”, “torta de colza”, “torta de dendê”, “torta de girassol”, “torta de licuri”, “torta de macaúba”, “torta de mamona”, “torta de marula”, “torta de

mostarda”, “torta de pinhão-manso”, “torta de saquê”, “torta de semente de karanja”, “torta de semente de noug”, “torta de semente de seringueira” e “torta de soja”. A busca foi realizada considerando estudos publicados entre os anos de 2009 a 2019, avaliando uso de tortas na alimentação de vacas leiteiras, e esta realizada em duas etapas: na primeira as palavras-chave e suas combinações foram digitadas apenas em português e na segunda apenas em inglês. Além disso, foi utilizado a função “citato por” para busca de artigos relacionados.

Os artigos encontrados na busca passaram por uma criteriosa avaliação, a fim de selecionar apenas trabalhos que abordassem assuntos de interesse desse estudo. As etapas de coleta dos dados podem ser observadas na Fig. S1, de acordo o fluxograma PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyse) de Moher et al. (2009).

2.2 Critérios de inclusão e exclusão dos dados

A seleção dos estudos elegíveis foi fundamentada em uma série de critérios pré-determinados. Os dados aplicados no estudo meta analítico incluíram resultados de pesquisas que equiparassem os efeitos de tortas de oleaginosas em relação à dieta padrão, milho e farelo de soja, nos parâmetros de ingestão, produtividade e componentes do leite de vacas leiteiras. Foram usados no banco de dados resultados de estudos que continham no mínimo um dos itens de interesse desta pesquisa. Os critérios adotados para a inclusão dos artigos elegíveis foram: (1) dados de ingestão de matéria seca (IMS), e/ou, (2) ingestão da matéria seca em função do peso vivo (IMSpv), e/ou, (3) digestibilidade aparente da matéria seca (DAMS) e/ou, (4) produção de leite (PL); e/ou, (5) produção de gordura (ProdGord) e/ou, (6) produção de proteína (ProdProt) e/ou, (7) produção de lactose (ProdLact) e/ou, 8) teor de gordura (TeorGord) e/ou, (9) teor de proteína (TeorProt) e/ou, (10) teor de lactose (TeorLact), além de seus respectivos número de animais e parâmetros estatísticos de: variância ou desvio padrão, ou erro padrão ou um valor-P para comparar o efeito entre os grupos de tratamento e controle. De forma complementar, as vacas experimentais deveriam estar em período de lactação.

Os critérios de exclusão dos dados compreenderam: (1) trabalho de revisão; (2) anais de eventos; (3) estudos que usaram vacas secas; (4) dados não representativos; (5) trabalhos que tiveram as dietas modificadas fisicamente; e, (6) duplicidade de trabalhos. A exclusão de duplicadas foi feita baseando-se em estudos publicados duas vezes, por exemplo, artigos oriundos de tese ou dissertação, ou de duplicatas de um mesmo artigo encontrado em distintas bases de dados, sendo considerado nesta situação apenas um artigo. Experimentos em que algum tipo de torta foi utilizado, mas cujo objetivo era avaliar outro alimento foi desconsiderado

nesse estudo, assim como os que avaliaram efeito de tortas sobre parâmetros fora dos critérios de inclusão estabelecidos neste estudo. Um total de 110 trabalhos foi encontrado na busca, e após uma criteriosa análise, com base nos critérios de inclusão apenas os estudos elegíveis foram considerados. O conjunto de dados usados neste estudo foi oriundo de 51 artigos (Tabela 1), que resultaram em 119 estudos com 18 tipos de tortas.

2.3 Compilação e processamento de dados

Os dados dos estudos elegíveis foram compilados e organizados em planilha eletrônica Microsoft Excel®. Foram extraídas as seguintes informações quando existentes: autores; ano de publicação; número total de vacas; parição (primíparas, de segunda e terceira lactação); peso vivo kg/animal; dias em lactação; delineamento utilizado (delineamento inteiramente casualizado - DIC, delineamento em blocos ao acaso - DBC, esses em arranjo fatorial ou não, delineamento em quadrado latino - DQL); número de animais por tratamento; tipo de dieta (tratamentos e controle); tipo de torta (tratamento); teor de torta à dieta (tratamento); proporção da dieta (volumoso e concentrado); e, composição química das dietas (teor de fibra em detergente neutro: %FDN, teor de fibra em detergente ácido: %FDA, teor de proteína bruta: %PB, nutrientes digestíveis totais: %NDT, matéria seca: %MS e teor extrato etéreo: %EE). As variáveis IMS, DAMS, PL e componentes do leite foram expressos em: ingestão em kg d⁻¹ para o IMS e % para IMS_{pv}; parâmetros de produção em kg d⁻¹; e de teores dos componentes do leite em %. Durante a compilação das informações foram adicionados ao banco de dados apenas aqueles de interesse do estudo. Trabalhos que estudaram o efeito da torta em vacas antes e após o parto foi considerado apenas os dados após o parto.

2.4 Análise estatística

2.4.1 Estatística descritiva e BoxPlot

Inicialmente, procedeu-se uma análise exploratória do conjunto de dados por meio de estatística descritiva para as variáveis respostas (número de estudo, mínimos e máximos valores, mediana e desvio padrão) e técnica de BoxPlot para as variáveis explicativas (Ferreira et al., 2016). Nesta análise foram identificados os seguintes elementos: mediana ou 2º quartil (Q2 - tendência central do conjunto de dados, que indica o ponto médio da distribuição), 1º quartil (Q1 - valor que indica em que 25% dos dados são iguais ou menores do que ele), 3º quartil (Q3 - valor que indica em que 25% dos dados são iguais ou maiores do que ele),

Interquartile Range (IQR - intervalo que há concentração de 50% dos valores mais prováveis, sendo a diferença entre os valores de Q3 e Q1), LI – limite inferior abaixo do Q1, LS - limite superior acima de Q3, LIo - limite inferior a partir do qual ocorrem os valores discrepantes (outliers) calculado a partir de $1,5 \times \text{IQR}$, LSo - limite superior a partir do qual ocorrem os valores discrepantes (outliers) calculado a partir de $1,5 \times \text{IQR}$, Outliers – valores abaixo e acima de LIo e LSo, nessa ordem, e finalmente, mínimos e máximos valores do conjunto de dados ($V_{\text{máx.}}$ e $V_{\text{mín.}}$). Esta rotina foi executada a partir do pacote “ggplot2” do software R, disponibilizado na rede de arquivos (<https://cran.r-project.org>).

2.4.2 Meta-análise

Na meta-análise, inicialmente, o conjunto de dados dos estudos elegíveis que usaram o mesmo tipo de torta foram usados para identificação dos seus efeitos isolados na ingestão, digestibilidade, produção e componentes do leite de vacas. Todavia, por causa do reduzido número de estudos da maioria das tortas, que derivaram alta heterogeneidade ou viés de publicação, optou-se por realizar as análises considerando todos os estudos simultaneamente. A rotina de métodos usada nesse estudo foi embasada nas etapas metodológicas executadas por Martineau et al. (2016), Leduc et al. (2017), Sánchez-Duart et al. (2019) e Slimen et al. (2019). As respostas das vacas lactantes em decorrência da dieta foram avaliadas confrontando as dietas controle (sem uso de torta) às dietas com torta. Para isto, os modelos de efeitos fixos e modelos aleatórios da meta-análise foram utilizados. Para execução da meta-análise foi utilizado o pacote “Metafor” do software R, disponibilizado na rede de arquivos (<https://cran.r-project.org>). O script foi rodado 10 vezes, uma por variável resposta analisada.

Cada uma das variáveis foi avaliada pelo modelo de efeito fixo, com o objetivo de medir o tamanho e a significância estatística do efeito, onde, o modelo é dado por:

$$Y_j = \Theta M + \varepsilon_j$$

em que, J é o número de estudos meta-analíticos, e Y_j , o efeito percebido no estudo j (com $j = 1, 2, \dots, J$), ε_j equivale ao erro aleatório do estudo j e ΘM é a medida meta-analítica, ou seja, é o efeito compartilhado a todos os estudos (Rodrigues e Ziegelmann, 2010).

Nos casos em que houve algum tipo de heterogeneidade entre os estudos, o tamanho dos efeitos da variável de interesse foi ajustado ao modelo de efeitos aleatórios (Santos e Cunha, 2013), representado pela expressão:

$$Y_j = \Theta M + \zeta_j + \varepsilon_j$$

em que, ε_j é o erro aleatório do estudo j , ξ_j é o efeito aleatório de cada um dos estudos j e o Θ_M descreve a medida meta-analítica (Rodrigues e Ziegelmann, 2010).

Os efeitos causados pelas diferentes tortas nas respostas das vacas foram mensurados a partir da diferença média padronizada (DMP), e o peso de cada um dos estudos foi calculado pelo inverso da variância (IV). O IV foi estimado a partir dos valores de DMP (Borenstein et al., 2009). A DMP foi calculada conforme a equação de Cochen (1988) dada por:

$$DMP = \frac{\overline{X}_1 - \overline{X}_2}{sd_{agrupado}}$$

$\overline{X}_1 - \overline{X}_2$ é a desproporção média das análises, e $sd_{agrupado}$ é o desvio padrão, dado por:

$$sd_{agrupado} = \frac{\sqrt{(n_1 - 1) S_1^2 + (n_2 - 1) S_2^2}}{n_1 + n_2 + 2}$$

em que, n_1 e n_2 são os tamanhos da amostra dos tratamentos com torta e tratamento controle e, S_1 e S_2 equivalem aos seus respectivos desvios padrão (DP).

Adicionalmente, foi calculada a diferença média ponderada ($DMe = \overline{X}_1 - \overline{X}_2$) para a estimativa dos efeitos reais das dietas com torta na unidade de medida da variável de estudo.

Para indicar a existência da heterogeneidade dos estudos foi usado o teste Q de Cochran:

$$Q = \sum \int_{j=1}^j W_j (Y_j - \hat{\theta}_M)^2$$

em que, W_j refere-se ao peso do estudo j , Y_j informa o tamanho do efeito j e o $\hat{\theta}_M$ é a medida estimada da meta-analítica (Rodrigues e Ziegelmann, 2010; Santos e Cunha, 2013).

Para mensurar a heterogeneidade dos estudos foi usada a estatística I^2 de Higgins e Thompson (Higgins et al., 2003; Re, 2015). I^2 é dada por:

$$I^2 = \frac{Q - (J - 1)}{Q} \times 100\%$$

I^2 pode variar de 0 a 100%, sendo que, valores de I^2 iguais ou próximos a zero indica ausência de heterogeneidade, até ou próximos a 25% a mesma é baixa a muito baixa, até ou próximos a 50% é moderada, até ou próxima a 75% é moderada e acima de 75% é alta a muito alta (Higgins e Thompson, 2002; Higgin et al., 2003; Rabiee et al., 2012).

Aqueles trabalhos que contribuíram excessivamente para a heterogeneidade de uma variável resposta foram submetidos ao método do gráfico de Bajaut et al. (2002) e ao método “Influential case diagnostics” (Belsley et al. 1980; Cook and Weisberg 1982), ambos sugeridos por Viechtbauer (2010), para julgamento e exclusão de um estudo específico.

Para verificar existência de vieses de publicação foi aplicado o diagrama de dispersão denominado gráfico em Funil, com o seu grau de assimetria conferido por meio do teste de regressão sugerido por Egger et al. (1997) e pelo teste de Begg e Mazumdar (1994). O gráfico em Funil permitiu visualizar a DMP individual (no eixo x), ou seja, se a dispersão do efeito de cada estudo, e o erro padrão (EP) (no eixo y), isto é, a precisão ou tamanho de cada estudo (Rabiee et al., 2012; Re, 2015). O método “Trim and Fill” foi aplicado para a identificação de estudos "ausentes" para aumentar a simetria do gráfico de funil e, assim, inferir na tomada de decisão sobre a confiabilidade da meta-análise (Borenstein et al., 2009).

Os resultados do tamanho do efeito (DMP) e o intervalo de confiança ao nível de 95% de probabilidade por estudo elegível foram expressos no “Forest Plot”, utilizando o pacote “vfit_forest” do software R.

2.4.3 Análise de componentes principais

A análise de componentes principais foi procedida para avaliação da heterogeneidade das variáveis que foram classificadas de moderada a alta e também para a identificação dos tipos de tortas que mais contribuíram para a variação dos efeitos. Para isto, foi usado o pacote “fviz” do software R (Viechtbauer, 2020). Nesta análise, identificou-se os fatores que influenciaram na variância do efeito das dietas com tortas no desempenho das vacas. Esta análise foi preterida em detrimento à meta-regressão, comumente usada em outros estudos (Martineau et al., 2016; Leduc et al., 2017; Sánchez-Duart et al. (2019), pois além de permitir a identificação dos fatores atuantes, reduz a explicação da variação total a poucas variáveis e mensura a responsabilidade dos tipos de tortas nessa variação. Nesta análise foram consideradas além das variáveis de desempenho das vacas, o teor de torta (teortorta) e a composição química das dietas: fibra em detergente ácido, fibra em detergente neutro, matéria seca, proteína bruta, nutrientes digestíveis totais e extrato etéreo da dieta.

3 RESULTADOS

3.1 Análise exploratória do conjunto de dados

O conjunto de dados usados na meta-análise oriundo dos 51 artigos, que resultaram em um “n” máximo (número de observações ou estudos) de 119, representaram um total de 216 a 806 vacas lactantes a depender da variável analisada e do tipo de torta (Fig. S1 e Tab. S1). A estatística descritiva foi apresentada por torta de oleaginosas para as variáveis de IMS, IMSpv,

DAMS, PL, ProdGord, ProdProt, ProdLact e os teores TeorGord, TeorProt e TeorLact no leite (Tabs. S2, S3 e S4). Os valores da mediana dessas variáveis foram, nessa ordem, iguais a: 14,18 kg d⁻¹, 2,69%, 60,23%, 14,77 kg d⁻¹, 0,62 kg d⁻¹, 0,47 kg d⁻¹, 0,68 kg d⁻¹, 3,90%, 3,11% e 4,60%.

No boxplot, a dispersão dos dados no Interquartile Range (IQR), ou seja, a altura da caixa, encontram-se 50% dos dados e corresponde ao 2º quartil (Q2). Acima (Q3) e abaixo (Q1) até o final da linha preta contínua, para cima (máximo) e para baixo (mínimo), equivalem a 25% cada. Fora dessa faixa ocorrem os outliers (“valores extremos”), para o limite de $1,5 \times$ IQR. Para o peso corporal das vacas, 50% do rebanho pesou em torno de 508 kg (variando de 480 a 533 kg de PV), com maior parte dos estudos praticamente concentrados no centro da caixa (Q2), apontando distribuição simétrica do conjunto de dados (Fig. 1A). Os limites de Q1 (450-480 kg) e Q3 (533-600 kg) mostram estudos conduzidos com vacas acima de 533 kg, com peso máximo de 750 kg, e mínimo abaixo de 450 kg, atingindo 217 kg.

Para os dias em lactação (Fig. 1B), 50% do rebanho estava com 88 dias de lactação, com leve assimetria, mostrando que os estudos foram conduzidos com vacas em torno do pico de lactação, que ocorre entre a 6ª e 8ª semana após o parto (Ribeiro et al., 2017), ou até aos 3,86 meses (Scorsato, Menarin e Giolo, 2014). O Q1 foi de 68 dias e Q3 aos 101 dias. Mas, alguns animais estavam no 5º dia de lactação e outros aos 228º dias. A maioria dos estudos usou apenas vacas multíparas (nº 3 no Boxplot) (Fig. 1C), mas em alguns casos foram usadas vacas primíparas (no 1) ou os dois grupos de parição no mesmo experimento (no 2).

A relação concentrado:volumoso foi de 40:60 em 50% dos estudos (Figs. 1D e 1E). Já para o teor de torta da dieta (Fig. 1F), a mediana foi 19%, com variação de 10 a 30%, entre Q1 e Q3. Mas os teores chegaram a variar de 3 a 75%, em estudos conduzidos, por exemplo, com Colza e, com Girassol e Dendê, respectivamente.

Os bloxplots revelaram que, 50% dos estudos mostraram variação e mediana nos teores das dietas iguais a: FDN (26 a 50%; mediana = 39%) (Fig. 1G); FDA (11 a 28%; mediana = 21%) (Fig. 1H); PB (15 a 19%; mediana = 17%) (Fig. 1I); NDT (61 e 74%; mediana = 65%) (Fig. 1J); MS (56 a 90%; mediana = 84%) (Fig. 1K); e, EE (3% a 7%; mediana = 4%) (Fig. 1L).

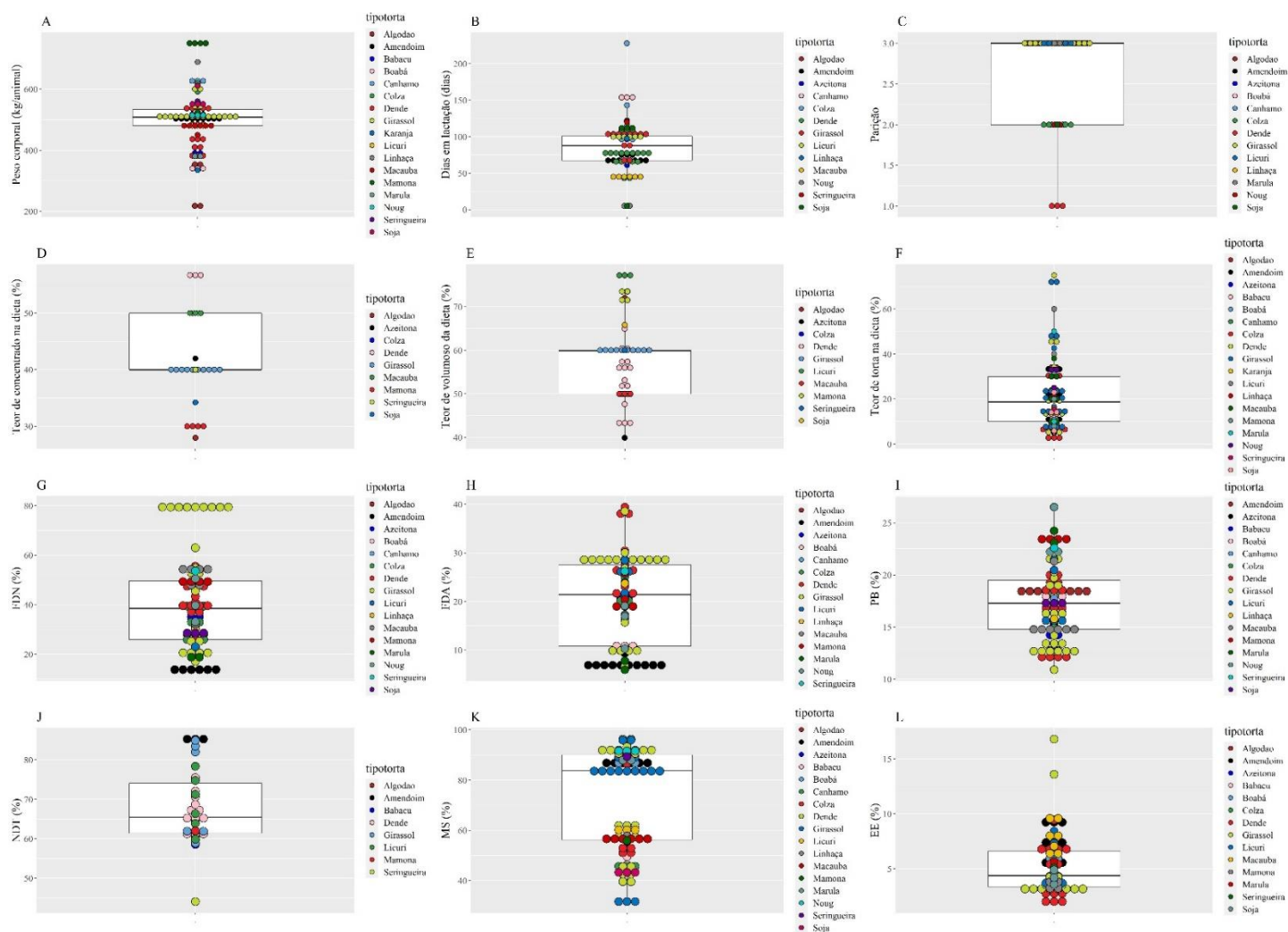


Figura 1. Boxplot de características do rebanho de vacas (peso corporal, dias em lactação e parição) e composição química das dietas (proporção de concentrado e de volumoso, FDN, FDA, PB, NDT, MS e EE, e teores de tortas) usadas nos 119 estudos elegíveis.

3.2 Meta-análise

Os efeitos gerais do uso de tortas nos parâmetros de IMS, DAMS, produção e componentes do leite são mostrados na Tab. 1. O teste de regressão de Egger provou que os estudos usados em cada variável resultou simetria do gráfico em funil, indicando ausência de viés de publicação ($P > 0,05$) para todos os parâmetros avaliados (Fig. S2). Notou-se que, as vacas alimentadas com tortas tenderam aumentar a IMS, em $0,366 \text{ kg d}^{-1}$ ($\Delta = 3,8\%$; DMP = $0,371$; $P < 0,001$). A IMS_{spv} foi incrementada em $0,103\%$ ($\Delta = 3,6\%$; DMP = $0,328$; $P < 0,000$). Já o teor de proteína do leite reduziu em $0,050\%$ ($\Delta = -0,7\%$; DMP = $-0,139$; $P < 0,010$). Para estas três variáveis, a heterogeneidade entre os estudos foi nula ou baixa ($I^2 \leq 2$), ou seja, as

diferenças entre os tamanhos dos seus efeitos se devem basicamente as tortas. Os efeitos por estudo para IMS, IMSpv e teor de proteína do leite podem ser observadas nos Forest Plots das Figs. 2, 3 e 4.

Tabela 1. Tamanho estimado do efeito derivado da meta-análise para vacas leiteiras em lactação, alimentadas com diferentes tipos de tortas.

Variável	Número de estudos	Número de vacas ¹	DMe ²			Δ	DMP			<i>p</i> -valor	I ²	teste-Egger Assimetria
			Média	IC (95%)			Média	IC (95%)				
IMS (kg dia ⁻¹)	21	301	0,366	0,121	0,610	3,8%	0,371	0,207	0,536	<,0001	2	0,433
IMSpv (%)	18	216	0,103	0,026	0,179	3,6%	0,328	0,155	0,502	0,000	0	0,271
DAMS (%)	32	288	-0,232	-1,103	0,639	-0,4%	-0,006	-0,179	0,167	0,945	7	0,104
Produção de leite (kg dia ⁻¹)	82	806	0,041	-0,194	0,276	0,8%	0,027	-0,124	0,178	0,726	52	0,887
Produção de gordura (kg dia ⁻¹)	50	446	-0,006	-0,017	0,006	-0,3%	-0,059	-0,209	0,091	0,440	18	0,649
Produção de proteína (kg dia ⁻¹)	63	562	0,000	-0,005	0,005	0,1%	-0,004	-0,122	0,114	0,953	0	0,435
Produção de lactose (kg dia ⁻¹)	62	553	0,000	-0,012	0,011	-1,0%	0,008	-0,114	0,129	0,901	0	0,426
Teor de gordura (%)	76	638	0,002	-0,080	0,083	0,2%	-0,042	-0,237	0,154	0,676	64	0,361
Teor de proteína (%)	80	695	-0,050	-0,083	-0,016	-0,7%	-0,139	-0,246	-0,033	0,010	0	0,730
Teor de lactose (%)	81	715	0,012	-0,023	0,047	-0,5%	0,018	-0,087	0,122	0,741	0	0,499

¹ número de vacas submetidas à dieta com torta e que continha dados da variável especificada (n total = 1372 animais de todos os 119 estudos elegíveis).

² DMe - diferença média é a estimativa dos efeitos reais para vacas alimentadas com torta.

³ Δ - diferença percentual média entre as medidas das vacas alimentadas com torta.

I² - medida da variação além do acaso entre os estudos utilizados na meta-análise.

Os estudos usados na avaliação de cada variável são indicados na 1^a coluna, enquanto na 2^a coluna é mostrada a torta analisada no estudo. Para as variáveis, DAMS, PL, ProdGord, ProdProt e ProdLact, e TeorGord e TeorLact do leite, constatou-se que o uso de torta na dieta de vacas leiteiras não afetou suas magnitudes (Figs. S3, S4, S5, S6, S7, S8 e S9). Entretanto, percebeu-se heterogeneidade moderada para a produção de leite (kg d⁻¹) ($I^2 = 52\%$) e alta heterogeneidade para o teor de gordura (%) ($I^2 = 64\%$), indicando que o efeito da inserção de torta de oleaginosas na dieta de vacas depende também de outros fatores, i.e., ingestão de matéria seca ou características químicas da dieta. Para a DAMS ($I^2 = 7$) e produção de gordura do leite ($I^2 = 18$), a heterogeneidade foi baixa ($I^2 < 25$).

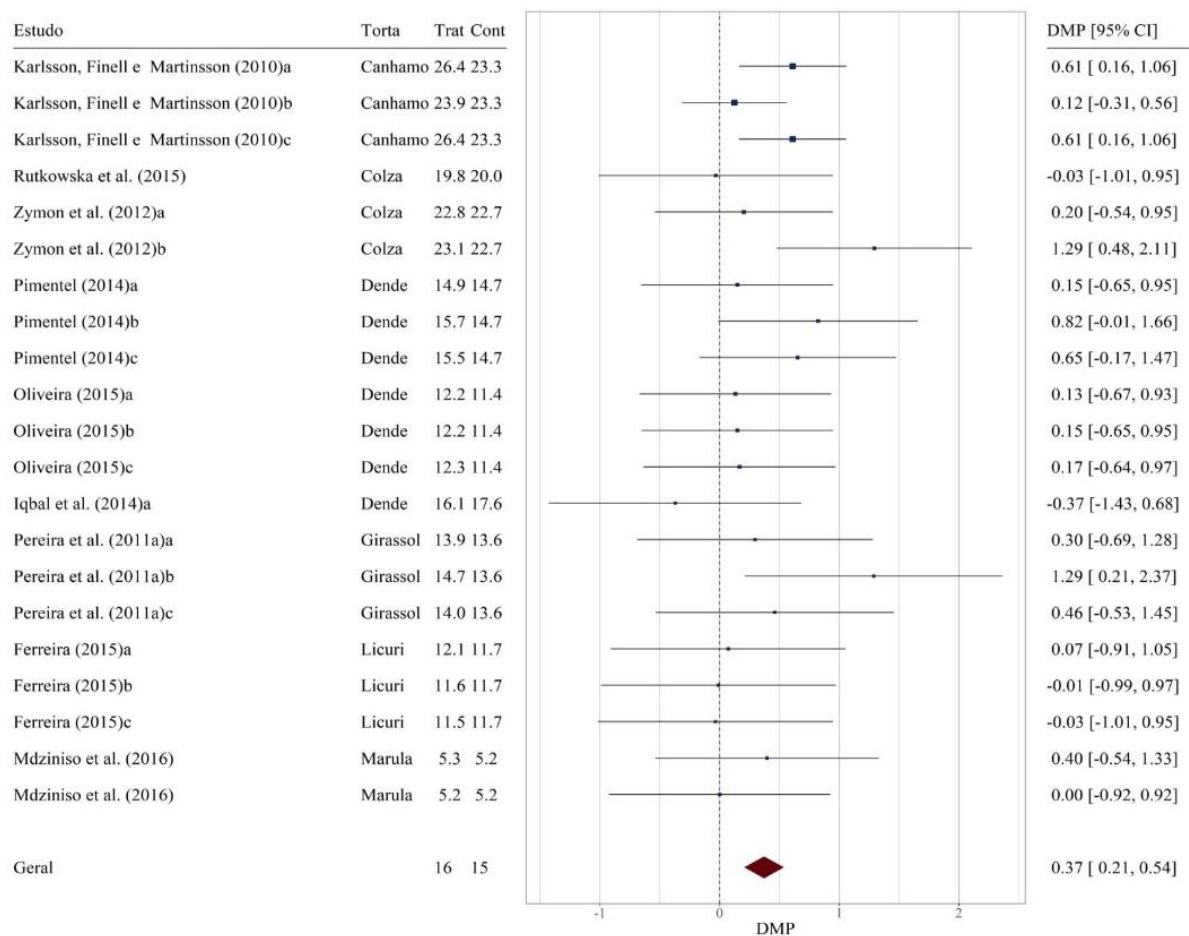


Figura 2. Gráfico de floresta do efeito da substituição parcial da dieta por tortas na ingestão de matéria seca (IMS, kg dia⁻¹) de vacas.

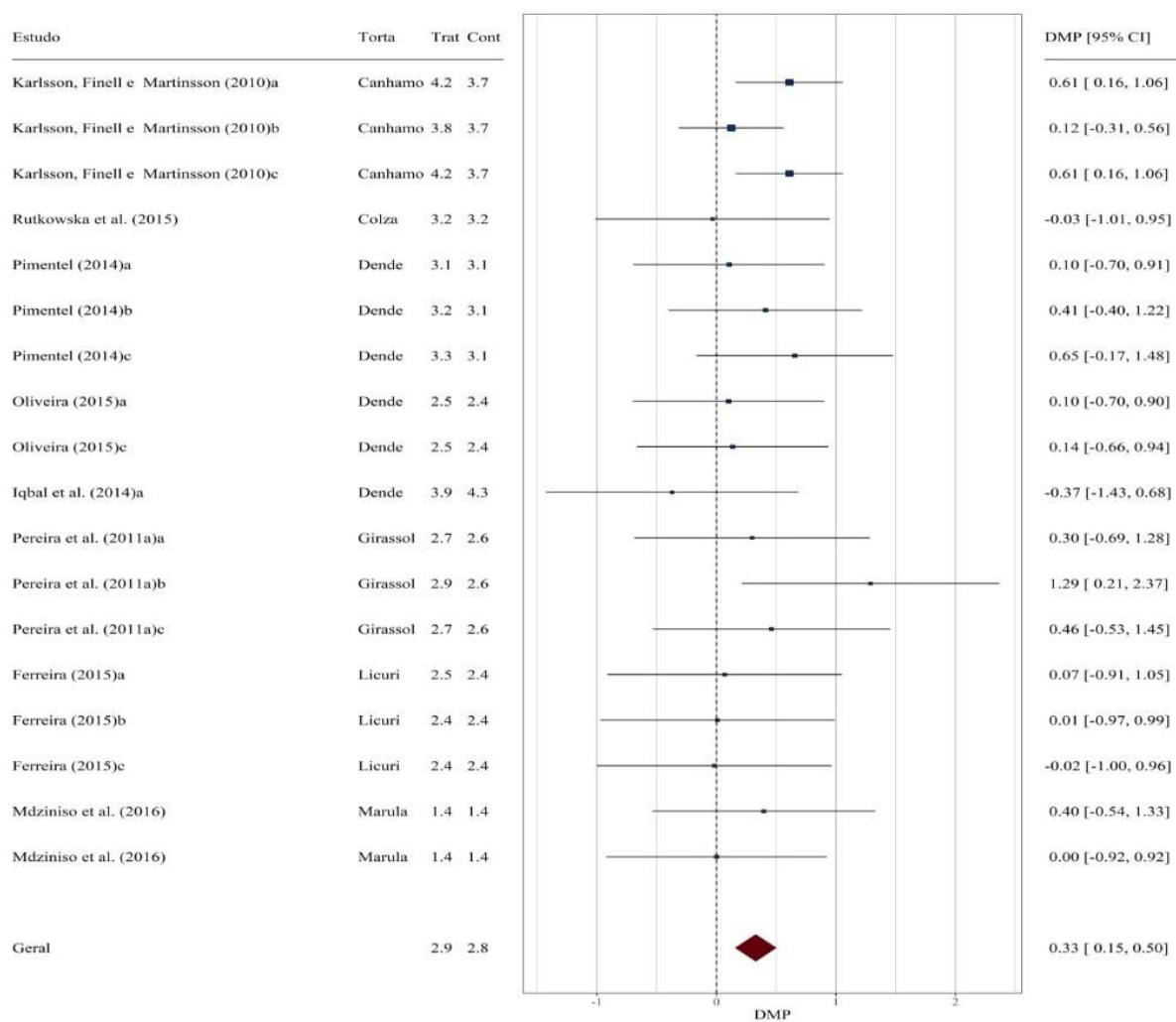


Figura 3. Gráfico de floresta do efeito da substituição parcial da dieta por tortas na ingestão de matéria seca em função do peso corporal (IMSpv, %) de leite de vacas.

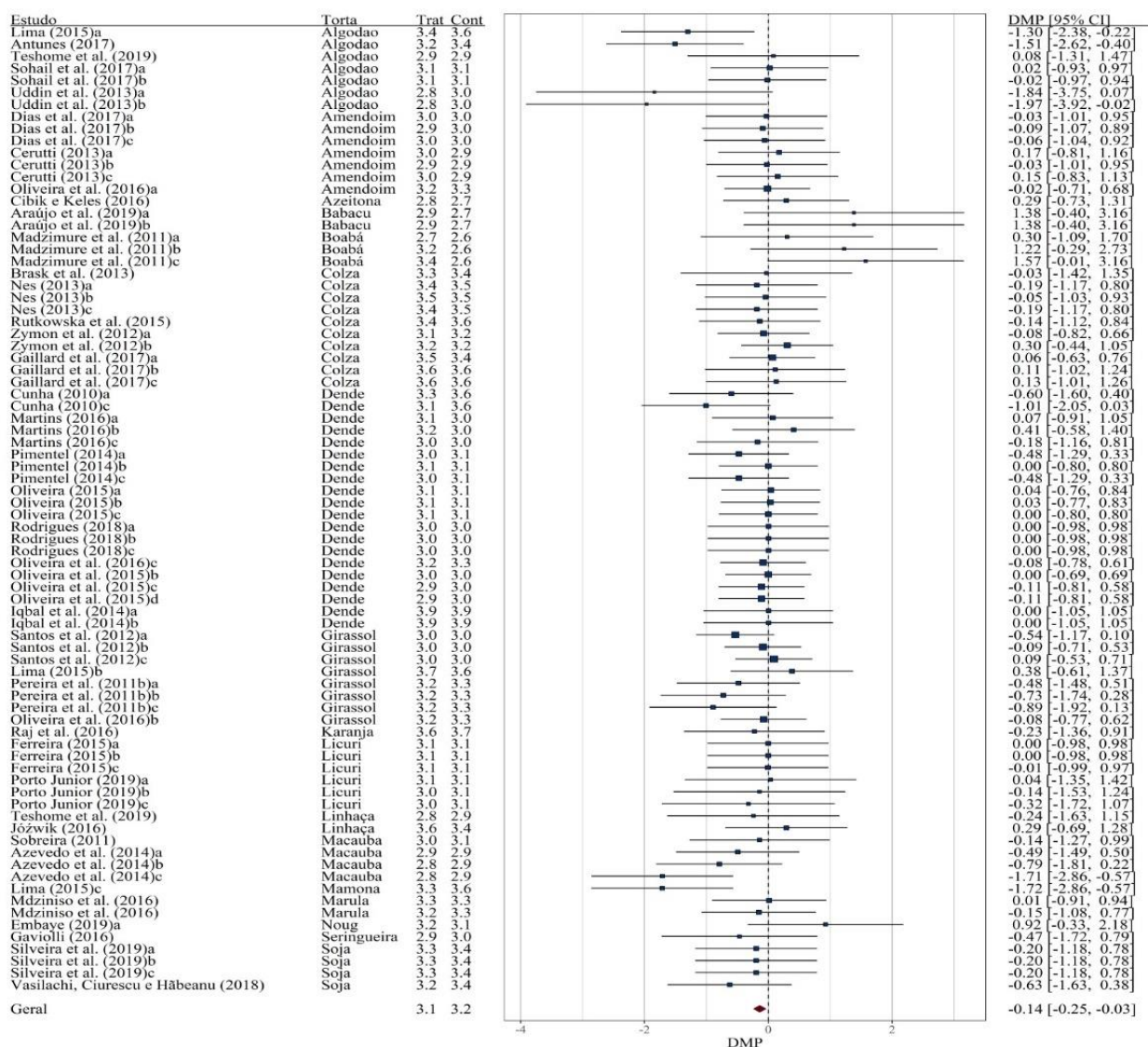


Figura 4. Gráfico de floresta do efeito da substituição parcial da dieta por tortas no teor de proteína (TeorProt, %).

3.3 Análise de componentes principais

Para as variáveis produção de leite ($I^2 = 52\%$) e teor de gordura ($I^2 = 64\%$) (Fig. 5), por meio da análise de componentes principais foi identificada as variáveis que explicam a heterogeneidade de suas respostas à inserção de torta na dieta. Os três primeiros componentes (Dim1, Dim2 e Dim3) foram responsáveis por explicar em torno de 70% da variância total dos dados na análise para produção de leite (Figs. 5A e 5B) e quase 67% para o conjunto de dados na análise do teor de gordura (Figs. 5C e 5D). Nesta análise de componentes principais, os vetores representam as variáveis e, suas cores denotam forte correlação entre si. O comprimento do vetor indica a sua contribuição na componente principal; já a sua proximidade do eixo

PC1(Dim1), PC2(Dim1) e PC3 (Dim3) mostra em qual componente o vetor está mais contribuindo. Por sua vez, os círculos indicam o tipo de torta, e os seus tamanhos a contribuição na componente principal.

Nas Figs. 5A e 5B, verificou-se que o efeito da torta na PL esteve associado de maneira positiva e significativa pela variação na IMS da vaca, e negativa e significativa com teor de torta presente na dieta (Dmi2). Mas, a PL também exibiu associação negativa com o teor de FDN. Assim, a produção de leite de vacas alimentadas com inserção parcial de torta na alimentação depende da quantidade de matéria seca ingerida pelo animal, que, por sua vez, é função do teor de torta e também do teor de FDN na dieta.

Nota-se na Fig. 5A, que a maior associação negativa da proporção de torta na PL esteve atrelada àquelas dietas que receberam níveis elevados de torta de dendê (círculos amarelos), girassol (círculos azuis) e licuri (círculos cinzas). A maior parte dos estudos que usaram estes tipos de torta está próximo a componente Dim2, o mesmo da PL, IMS, FDN e teor de torta, porém, na mesma direção da FDN e teor de torta e contrária a PL e IMS. Pela Fig. 1A, observa-se que alguns estudos, usaram essas tortas, com mais de 40% da dieta, o que explica a relação negativa com a PL. Essa correlação negativa não ocorreu quando as dietas tinham menos do que 40% dessas tortas. Para teores abaixo de 40%, os círculos estão próximos ao centro ou na mesma direção do vetor de PL, indicando que não influencia na variação da PL ou que contribui positivamente para o seu aumento, nessa ordem.

Na Fig. 5A, verifica-se também que os vetores da MS, EE, NDT e PB da dieta estão mais próximos do eixo Dim1 (38,3%), logo há associação entre si. As mesmas cores dos vetores EE, PB e FDA indicam que existe uma correlação significativa entre essas variáveis, mas FDA, por estar na direção contrária essa correlação com EE e PB é negativa. É notório que o aumento da FDA na dieta, por causa da inserção de torta, promoveu redução na PB e NDT. Esta tendência foi observada em especial nas dietas com a inclusão de torta de Dendê e Girassol, que estão mais próximos do vetor da FDA.

Para o teor de gordura do leite (Figs. 5C e 5D), a variável que elucidou a resposta da inserção de torta na dieta foi a IMS, que indicou associação na mesma componente (Dim3) com correlação significativa, porém, com peso negativo, já que estão em direção inversa. Mas, destaca-se que essa associação negativa esteve atrelada com maior peso às tortas de Azeitona, Colza e Mamona, que estão mais próximas ao vetor da IMS e contrárias ao TeorGord. Logo, a maior ingestão dessas tortas provocou redução do teor de gordura do leite. Para as demais tortas, a proximidade do centro ou de outra componente indica a pouca influência na variação dessa variável. Já aquelas tortas mais próximas do vetor TeorGord associaram-se positivamente com

esta variável (i.e., dendê). Os teores de MS, PB, NDT, EE e FDA apresentaram associação entre si (Dim1), mas FDA com peso negativo, enquanto FDN e teor de torta exibiram associação positiva entre si. Logo, as dietas com torta, que ofereceram maiores valores de FDA resultaram em menores magnitudes de MS, PB, NDT e EE. Já dietas com maiores teores de torta expuseram maiores magnitudes de FDN.

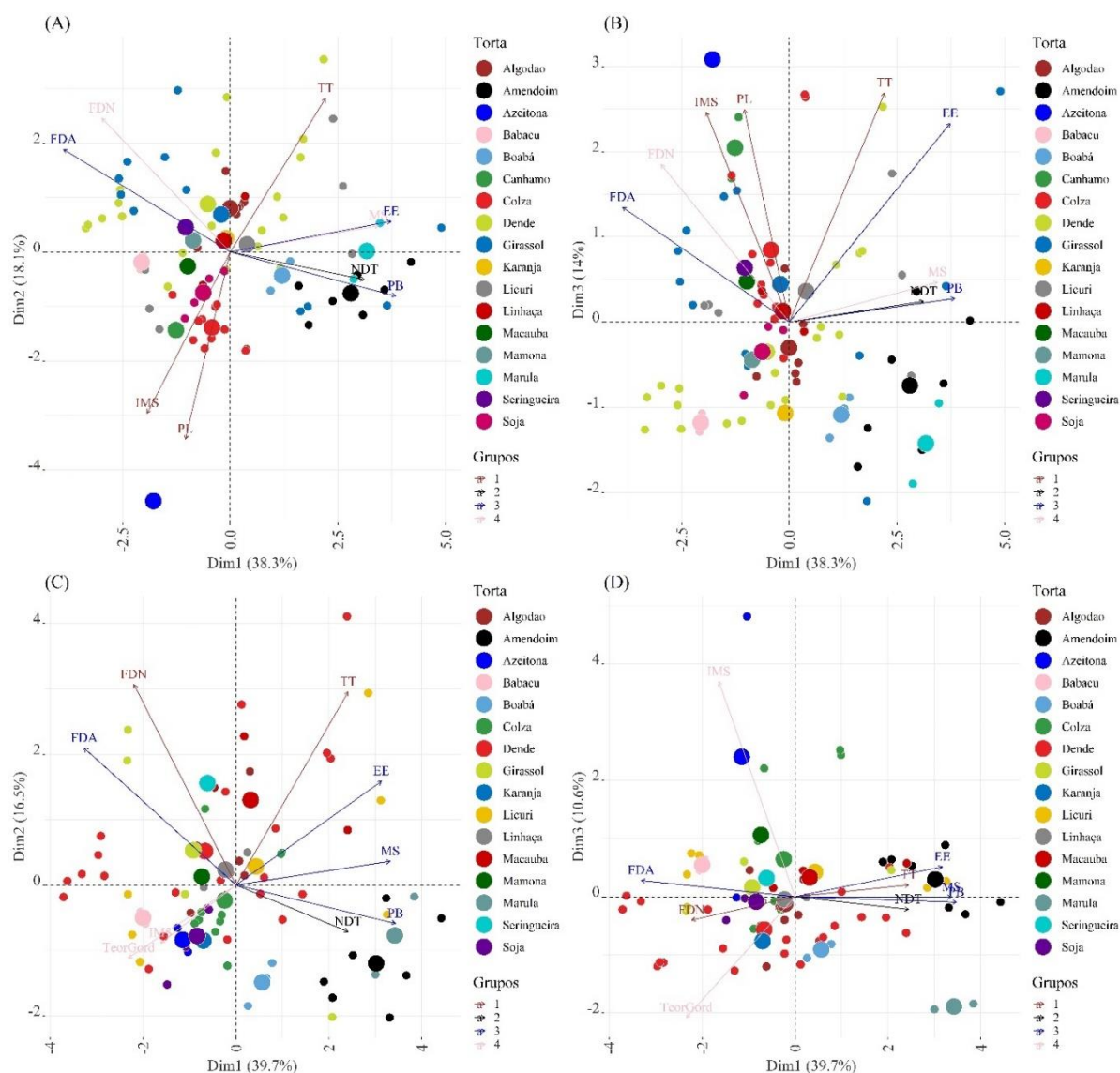


Figura 5. Análise de componentes principais das características químicas (FDN, FDA, PB, NDT, MS e EE) de dietas com a inserção de distintos tipos (círculos) e teores de tortas (TT) com a produção de leite (PL) (A e B) e o teor de gordura do leite (TeorGord) (C e D).

4 DISCUSSÃO

4.1 Ingestão e digestibilidade da matéria seca

Neste estudo, observou-se que as vacas alimentadas com dietas adicionadas de tortas de oleaginosas incrementaram a IMS e da IMSpy, sem efeitos na DAMS. A IMS pode ser afetada

por fatores como peso vivo, dias em lactação e parição, além de características físicas, sensoriais e química da dieta (Karlsson, Finell e Martinsson, 2010; Sánchez-Duarte et al., 2019).

Animais mais pesados tendem a consumir maior quantidade de matéria seca devido a maior exigência de energia de manutenção e maior volume ruminal (Macedo Júnior, 2007). Na Fig. 1A, observa-se que maior parte do rebanho avaliado nos estudos elegíveis estiveram na faixa de 480-533 kg (mediana = 508,3 kg), mas em alguns estudos, as vacas atingiram peso acima de 650 kg, chegando até 750 kg. A IMS é influenciada pelos dias de lactação (Sánchez-Duarte et al., 2019; Macedo Júnior, 2007), mas neste estudo não exibiram associação por causa da baixa variação observada no Boxplot (Figs. 1B e C), i.e., a maioria das vacas estava dentro da faixa de máxima lactação. A IMS e parição também apresentaram baixa relação entre si, como observada também em outros estudos de meta-análise (Sánchez-Duarte et al., 2019).

A ingestão de matéria seca é afetada, e.g., pelos teores de FDN, que em níveis elevados podem reduzir a IMS por causar efeito de enchimento ruminal (Allen, 2000), e os teores de gorduras, que em maior magnitude reduz a IMS, por que a demanda de energia do animal é atendida mais rapidamente (Karlsson, Finell e Martinsson, 2010). Em excesso, a gordura diminui a DMS (Chesini et al., 2019) e a digestibilidade da fibra, causando enchimento ruminal e redução da ingestão (Oliveira et al., 2017), logo, diminui a absorção de nutrientes exigidos pelo animal (Carvalho et al., 2006).

Nos estudos elegíveis, verificou-se que os teores de FDN das dietas variaram próximo ao recomendado 25 a 33% pelo NRC (2001), em torno de 39% (26 a 50%) (Fig. 1G), e não limitaram a ingestão dos animais (Fig. S10A). Já a gordura da dieta com torta, ou seja, o extrato etéreo exibiu valores de 3,4 a 6,6%, com mediana de 4%, abaixo da faixa de 6 a 7% da MS, limites estabelecidos pelo NRC (2001) e de 5% da MS indicado por Pereira et al. (2011a).

Não foi verificada forte associação entre o IMS e EE. Todavia, a IMS, apresentou peso negativo com o EE, conforme Fig. S10B, sugerindo que as dietas com tortas com menores teores de EE tenderam a aumentar a IMS. Igualmente, a IMS_{pv} foi incrementada, com os baixos níveis de EE da dieta com torta (Fig. S10D). Contudo, a maior IMS e a IMS_{pv} esteve associada principalmente as tortas de cânhamo e licuri (Fig. S10), mesmas tortas que apresentaram elevadas concentrações de FDN em Q3, em relação às tortas presentes em Q1 e Q2 (Fig. 1G). Dietas com níveis elevados de FDN, mas com tamanho de partículas reduzidos, não afetam a IMS. Nesse caso, a IMS será influenciada pelo requerimento energético do animal, já que, a menor digestibilidade dos nutrientes no rúmen, causadas pela presença da FDN, induzem o aumento da IMS pelas vacas como artifício para atender a demanda metabólica de energia

(Araújo et al., 1998; Allen, 2000; Karlsson, Finell e Martinsson, 2010). Comumente, as tortas oriundas de sementes oleaginosas (matéria-prima), passam pelo processo de prensagem, trituração, e/ou uso de solventes, para extração de óleo em indústrias do biodiesel; logo, o menor tamanho da partícula da torta favorece o aumento da IMS pelo acréscimo da taxa de passagem do alimento no rúmen (Allen, 2000; Oliveira et al., 2017).

Assim, os valores ligeiramente reduzidos de EE de algumas tortas e atributos físicos, como o tamanho de partícula da torta justificam o aumento de IMS e a IMSpv pelas vacas, permitindo que o animal atenda a energia necessária para manter a produção de leite (Figs. 5A e 5B), sem afetar a produção de gordura, proteína e lactose do leite, além de manter os teores de gordura e lactose (Tab. 1).

Além disso, as qualidades sensoriais da torta como a palatabilidade parecem potencializar o aumento da IMS e da IMSpv. O aumento da ingestão em função da palatabilidade das tortas foi mostrado em trabalhos como de Uddin et al. (2013), ao utilizarem torta de algodão na dieta de vacas lactantes, perceberam aumento 0,31 kg d⁻¹ na ingestão de ração sem afetar na produção de leite, e esses autores associaram a maior ingestão à palatabilidade da torta.

4.2 Produção e componentes do leite

No geral, o efeito da torta de oleaginosas na dieta de vacas lactantes foi positivo para produção e componentes do leite. A produção de leite, produção e teores dos componentes do leite não foram afetados pela inserção de tortas nas dietas, com exceção do teor de proteína do leite (Tab.1). Nos estudos elegíveis, verificou-se uma média de PB das dietas com tortas na ordem de 17,3% (Fig. 1I), que está dentro dos níveis recomendados (17 a 18%) pelo NRC (2001). Todavia, ainda assim o teor de proteínas foi reduzido, por causa da inserção de tortas na dieta, o que pode ser justificado pelo tipo proteína presente na alimentação (Salazar, Cortinhas e Freitas Junior, 2008) e pela eficiência no metabolismo do nitrogênio (N) no rúmen. A proteína degradável no rúmen (PDR) depende da ação de microrganismos e influencia na produção de aminoácidos (AA), amônia e peptídeos para síntese de proteína microbiana (PM). Quando a eficiência do metabolismo de N é baixa há redução da disponibilidade de AA essenciais, e.g., His, Lys e Me para o duodeno (Martineau, Ouellet e Lapierre, 2013). Logo, as quantidades de AA disponíveis para síntese de proteína na glândula mamária ficam mais limitadas (Leduc et al., 2017), o que compromete a conversão da proteína dietética em proteína do leite devido à ineficiência de uso do N da PB da torta (Karlsson, Finell e Martinsson, 2010).

Outra provável causa para a redução do teor de proteína do leite é a concentração de EE da dieta. Mas, nesse estudo, o EE (mediana = 4%) das dietas com tortas não explicam a redução do teor de proteína do leite, já que suas quantidades se encontram abaixo do limite de 6 a 7% da MS para dietas de vacas leiteiras (NRC, 2001). Note na Figs. S12A e B, uma baixa magnitude, associação negativa e falta de correlação entre o TeorProt e o EE da dieta, confirmando que os níveis de EE da dieta com torta não foram responsáveis pelos baixos teores de gordura do leite. Por outro lado, a direção oposta das tortas de dendê, macaúba e linhaça do vetor da proteína do leite, indica que essas tortas foram as que mais contribuíram para a redução dessa variável (Figs. S12A e B). Esses resultados sugerem, que a redução no teor de proteína do leite em função do EE da dieta com torta não é explicada pelas quantidades de EE observadas (mediana = 4%), mas sim pelo tipo de gordura presente na composição química de da torta. Esses achados são interessantes, pois, ainda que o uso de torta na dieta reduza o teor de proteína do leite (-0,050%; $P < 0,010$), a produção de proteína não é afetada como notado por Leduc et al. (2017), que em meta-análise, constataram que o tipo de gordura da dieta afeta o teor de proteína do leite, mas não compromete a produção diária. Nesses casos, as gorduras de cadeia longa presentes nas dietas de oleaginosas agem sobre a enzima Acetil-CoA Carboxilase na síntese do novo da glândula mamária, o que reduz as gorduras de cadeia médias e curtas do leite (Eifert et al., 2006a; Eifert et al., 2006b). Além disso, gorduras anti-lipogênicas, que atuam na transição e codificação de genes lipogênicos na glândula mamária, podem diminuir o teor de gordura do leite (Shingfield et al., 2010).

A manutenção no rendimento da proteína do leite, mas com redução nos seus teores em função da gordura, embora observada em outros estudos, não é bem explicada. Acredita-se ser função da diluição da proteína em decorrência do aumento da produção de leite. Outra teoria é que a formulação adequada da ração com níveis adequados de PMic e PNDR poderiam atender à exigência de PM do animal e, logo, manter o teor de proteína. Igualmente, a disponibilidade de AA permite o balanceamento energético das gorduras, já que o aumento de energia na glândula mamária, causado pela oxidação dos ácidos graxos, podem alterar o fluxo sanguíneo e a quantidade de AA incluídos no leite. Os AA além de aproveitados na síntese de proteínas são usados na síntese glicose (glucogênicos) ou ainda convertidos em lipídeos (cetogênicos) e outros AA e, no processo de oxidação, formando energia, CO₂ e H₂O (Santos et al., 2006). Logo, a demanda de AA para síntese da proteína do leite é incrementada durante a lactação.

A variação da resposta da produção de leite das vacas alimentadas a partir de dietas com torta dependeu da proporção de torta, FDN e a IMS. A proporção de torta afeta a quantidade de FDN presente na dieta (Azevedo et al., 2014). A ingestão máxima pelo animal é notada até

quando o mesmo obtém a quantidade necessária de energia para atender suas demandas metabólicas e de produção (Oliveira et al., 2017; Araújo et al., 1998). Neste estudo, teores elevados de torta (e.g., > 40%) aumentaram os valores de FDN da dieta, o que resultou em uma correlação negativa com a IMS, por conseguinte, com a produção de leite. Como a quantidade de FDN afeta a ingestão, a redução da IMS impacta negativamente na quantidade de nutrientes e energia disponível para produção de leite (Karlsson, Finell e Martinsson, 2010). O NRC (2001) preconiza que 15 a 19% do FDN da dieta deve ser advinda de forragem. O FDN proveniente de tortas de oleaginosas é similar ao FDN da forragem, mas em excesso reduz a IMS (Allen, 2000).

Alimentos com concentração de fibra reduzida crescem a densidade energética da dieta, já os teores elevados de fibras são responsáveis pela redução da densidade energética da dieta (Macedo Junior et al., 2007). Observou-se, que as tortas de dendê e girassol contribuíram para o aumento de FDA, logo, os teores elevados de FDA dessas tortas, afetou negativamente as quantidades de PB e NDT das dietas. Com o aumento de FDA, a densidade energética das dietas com tortas foi diminuída, devido a menor concentração de PB e NDT, responsáveis pelo aumento da energética da dieta, necessária para a produção de leite. O alto teor de FDA e, por conseguinte, de lignina na dieta intervém na ação das bactérias celulolíticas no rúmen, o que dificulta a degradação dos carboidratos estruturais do alimento, interferindo na produção de leite (Alves et al., 2016; Lima Junior et al., 2010).

Do mesmo modo, o nível de IMS afetou na resposta das vacas às dietas com tortas de oleaginosas. A ingestão demasiada de alguns tipos de tortas (azeitona, colza e mamona) pode reduzir o teor de gordura do leite (Fig. 2D), conforme constatado nos estudos de Cibik e Keles (2016), que sugerem que essa redução pode ser atrelada a outros componentes da dieta, por exemplo, o tipo de forragens; e, Castellani et al. (2017), que indicam que a redução do teor de gordura foi decorrência da diminuição dos ácidos graxos saturados, melhorando o valor nutricional do leite.

Tendência similar foi levantada por Glasser, Ferlay e Chilliard (2008) em uma pesquisa meta-analítica, onde perceberam a redução no teor de gordura do leite por causa da adição de óleo de oleaginosas (linhaça, colza, soja e girassol) na dieta de vacas leiteiras. As tortas se diferenciam entre si quanto aos tipos de gorduras presentes em sua composição (e.g., os ácidos graxos trienóicos da linhaça, saturados da palmeira e sebo, monoenóicos do girassol rico em oleico e da azeitona, amendoim e colza, e dienóicos do algodão, soja e girassol) (Leduc et al., 2017). Logo, atenção especial deve ser dada na escolha do tipo de torta, caso se deseje aumentar os teores de gordura no leite.

Leduc et al. (2017) em uma meta-análise, concluíram que, vacas leiteiras alimentadas a partir de dietas com a adição de ácidos graxos dienólicos exibiram menor concentração de gordura no leite quando comparada a vacas alimentadas com os demais ácidos graxos. Segundo esses autores, o teor de gordura no leite foi semelhante para as vacas que receberam ácidos graxos trienólicos e monoenólicos na alimentação. A gordura saturada proporcionou maior concentração no teor de gordura no leite em relação as demais. Porém, a redução no teor de gordura pode ser influenciada pelo grau de insaturação dos ácidos graxos de 18C, que depende da fonte de gordura ingerida pelo animal. Gorduras insaturadas são tóxicas aos microrganismos ruminais, e por biohidrogenação, há formação de gorduras saturadas, que não são tóxicas aos microrganismos ruminais. Nesse processo, a produção de ácidos graxos intermediários podem reduzir o teor de gordura do leite (e.g. ácido graxo linoleico, ácido rumênico, ácido vaccênico e ácido graxo saturado) (Leduc et al. 2017; Chesini et al., 2019). Em altas quantidades de gorduras insaturadas no rúmen, ou excesso de concentrado, há redução do teor de gordura do leite, por causa da alteração da via de biohidrogenação (Meignan et al., 2017).

Outro componente que pode reduzir o teor de gordura do leite, e.g., é a falta de FDN forrageiro na dieta (Macedo Júnior, 2007; Ferraretto, Crump, e Shaver 2013), já que está associada à produção de acetato no rúmen; ácido graxo volátil resultante da fermentação da fibra pelas bactérias ruminais, e responsável pela síntese de gordura do leite na glândula mamária (Queiroz et al., 2008; Refat et al., 2018). Igualmente, os teores de gordura dificultam a ação das bactérias fibrolíticas sobre a fibra dietética (Brask et al., 2013), reduzindo o acetato produzido no rúmen, por conseguinte, diminuindo o teor de gordura do leite. Oliveira et al. (2007) ressaltam que a proporção de forragem, tem influência sobre a produção de gordura do leite, independentemente da gordura dietética, já os teores de gordura do leite, é influenciado tanto pela gordura da dieta como pelas concentrações de forragem.

5 CONCLUSÕES

De modo geral, a inclusão de tortas (e.g. dendê e cânhamo) na dieta de vacas em lactação aumenta a IMS, permitindo melhor eficiência dos nutrientes e de energia da dieta. Os teores de FDN (26 a 50%) e EE (3% a 7%) das dietas com torta em níveis de 10 a 30% não afetam a DAMS, e podem substituir o milho e a soja da dieta de vacas em lactação sem comprometer a produção de leite, a produção de componentes do leite (gordura, proteína e lactose) e os teores (gordura e lactose) do leite. Mas, pode reduzir o teor de proteína do leite em até 0,050%, i.e., sobretudo pela elevada contribuição das tortas de dendê, macaúba e linhaça.

6 REFERÊNCIAS

- Allen, M. S. 2000. Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 83:1598–1624. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(00\)75030-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(00)75030-2).
- Alves, A., L. Pascoal, G. Cambuí, J. Trajano, C. Silva, e G. Gois. 2016. Fibra para ruminantes: Aspecto nutricional, metodológico e funcional. *Rev MVZ Cordoba* 10:568–579. <https://doi.org/10.22256/pubvet.v10n7.568-579>.
- Antunes, A. P. D. S. 2017. Coprodutos de oleaginosas em dietas para vacas lactantes em pastejo. Tese de Doutorado. Departamento de Zootecnia, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia., Itapetinga.
- Araújo, R. A. de, L. F. da Silva, O. A. do Nascimento Jr., P. J. S. Damasceno, P. M. Costa, e Z. F. da Silva. 2019. Performance of lactating cows fed with cake of babassu : ingestive behavior , intake , digestibility , production and quality of milk. *Biol. Rhythm Res.* 1–11. <https://doi.org/10.1080/09291016.2019.1611334>.
- Azevedo, R. A. de, A. C. R. dos Santos, C. S. Ribeiro Júnior, F. L. Bicalho, R. N. Bahiense, L. Araújo, e L. C. Gerashev. 2013. Comportamento ingestivo de vacas alimentadas com torta de macaúba. *Ci. Rural* 43:1485–1488. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782013000800023>.
- Azevedo, R. A., A. C. R. Santos, C. S. Ribeiro Júnior, F. P. C. Santos, L. Araújo, F. L. Bicalho, L. M. Fonseca, e L. C. Gerashev. 2014. Desempenho de vacas em lactação alimentadas com dietas contendo torta de macaúba. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.* 66:211–218. <https://doi.org/10.1590/S0102-09352014000100029>.
- Baujat, B., Mah, C. D., Pignon, J.-P., and Hill, C. 2002. A graphical method for exploring heterogeneity in meta-analyses: application to a meta-analysis of 65 trials. *Stat. Med.* 21, 2641–2652. <https://doi.org/10.1002/sim.1221>
- Begg, C.B., and M. Mazumdar. 1994. Operating Characteristics of a Rank Correlation Test for Publication Bias." *Biometrics*, 50: 1088-1101.
- Belsley, D. A., E. Kuh, R. E. Welsch. 1980. *Regression Diagnostics*. John Wiley & Sons, New York.
- Borenstein, M., L. V. Hedges, J. P. T. Giggins, and H. R. Rothstein. 2009. *Introduction to Meta-Analysis*. Wiley, Chichester, UK.
- Brasil, R. B., Silva, M. A. P. Da, T. S. Carvalho, J. F. Cabral, J. C. Garcia, E. S. Nicolau, R. B. S. Neves, e M. E. Lage. 2015. Chemical profile , somatic cell count and milk production of Holstein, Girolando and Jersolando cows. *Afr. J. Agric. Res.* 10:748–754. <https://doi.org/10.5897/AJAR2014.9207>.

- Brask, M., P. Lund, M. R. Weisbjerg, A. L. F. Hellwing, M. Poulsen, M. K. Larsen, e T. Hvelplund. 2013. Methane production and digestion of different physical forms of rapeseed as fat supplements in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 96:2356–2365. <https://doi.org/10.3168/jds.2011-5239>.
- Carvalho, S., M. T. Rodrigues, R. H. Branco, e C. A. F. Rodrigues. 2006. Consumo de nutrientes, produção e composição do leite de cabras da raça Alpina alimentadas com dietas contendo diferentes teores de fibra. *Rev. Bras. Zootec.* 35:1154–1161. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982006000400029>.
- Castellani, F., A. Vitali, N. Bernardi, E. Marone, F. Palazzo, L. Grotta, e G. Martino. 2017. Dietary supplementation with dried olive pomace in dairy cows modifies the composition of fatty acids and the aromatic profile in milk and related cheese. *J. Dairy Sci.* 100:8658–8669. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-12899>.
- Cerutti, W. G. 2016. Torta de amendoim na suplementação de vacas em lactação a pasto. Dissertação de Mestrado. Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Santa Maria., Rio Grande do Sul.
- Cerutti, W. G., J. Viegas, A. M. Barbosa, R. L. Oliveira, C. A. Dias, E. S. Costa, J. L. Nornberg, G. G. P. de Carvalho, L. R. Bezerra, e A. M. Silveira. 2016. Fatty acid profiles of milk and Minas frescal cheese from lactating grazed cows supplemented with peanut cake. *J. Dairy Res.* 83:42–49. <https://doi.org/10.1017/S0022029915000631>.
- Chesini, R. G., P. P. da Rosa, L. P. Nunes, A. A. da S. Xavier, D. C. Rösler, J. da S. Camacho, A. P. T. de Oliveira, e M. R. Faria. 2019. Suplementação de fontes de gordura na dieta de vacas leiteiras. *Rev Cient Rural* 21:266–386. <https://doi.org/10.30945/rcr-v21i3.2763>.
- Cibik, M., e G. Keles. 2016. Effect of stoned olive cake on milk yield and composition of dairy cows. *Rev Med Vet (Toulouse)* 167:154–158. https://www.revmedvet.com/2016/RMV167_154_158.pdf.
- Cohen, J. 1988. *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences* (2nd ed.). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.
- Cook, R. D., S. Weisberg. 1982. *Residuals and Influence in Regression*. Chapman and Hall, New York.
- Costa, E. I. de S., G. G. P. de Carvalho, A. J. V. Pires, C. A. dos S. Dias, W. G. Cerutti, R.L. Oliveira, A. M. Barbosa, e C. M. de A. Maranhão. 2015. Feeding behavior and responses in grazing lactating cows supplemented with peanut cake. *Rev. Bras. Zootec.* 44:138–145. <https://doi.org/10.1590/S1806-92902015000400002>.
- Cunha, O. F. R. 2010. Consumo, digestibilidade aparente dos nutrientes, produção e

- composição do leite de vacas leiteiras alimentadas com níveis de inclusão de torta de dendê (*Elaeis guineensis*) na dieta. Dissertação de Mestrado. Departamento de Ciência Animal Tropical, Universidade Federal do Tocantins., Araguaína.
- Cunha, O. F. R., N. J. N. Miranda, R. P. Maciel¹, R. João, A.V. Lúcia, J. Paiva, e F. R. C. Miotto. 2013. Palm (*Elaeis guineensis* L.) kernel cake in diets for dairy cows. *Semin. Cienc. Agrar.* 34:445–454. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2013v34n1p445>.
- Dias, C. A. S., A. R. Bagaldo, W. G. Cerutti, A. M. Barbosa, & G. G. P. de Carvalho, Bezerra, E. I. S. Costa, L. Rocha, Oliveira, e R. Lopes. 2017. Peanut cake can replace soybean meal in supplements for lactating cows without affecting production. *Trop. Anim. Health. Prod.* 50:651–657. <https://doi.org/10.1007/s11250-017-1482-6>.
- Egger, M., D. G. Smith, M. Schneider, and C. Minder. 1997. Bias in meta-analysis detected by a simple, graphical test. *BMJ* 315:629– 634. <https://doi.org/10.1136/bmj.315.7109.629>.
- Eifert, E. da C., R. de P. Lana, D. P. D. Lanna, R. M. A. Teixeira, P. B. Arcuri, M. I. Leão, M. V. M. de Oliveira, e S. de C. Valadares Filho. 2006b. Perfil de ácidos graxos e conteúdo de ácido linoléico conjugado no leite de vacas alimentadas com a combinação de óleo de soja e fontes de carboidratos na dieta. *Rev. Bras. Zootec.* 35:1829–1837. <https://doi.org/10.1590/s1516-35982006000600034>.
- Eifert, E. da C., R. de P. Lana, D. P. D. Lanna, W. M. Leopoldino, P. B. Arcuri, M. I. Leão, M. R. Cota, e S. de C. Valadares Filho. 2006a. Perfil de ácidos graxos do leite de vacas alimentadas com óleo de soja e monensina no início da lactação. *Rev. Bras. Zootec.* 35:219–228. <https://doi.org/10.1590/s1516-35982006000100028>.
- Embaye, K. A. 2019. Dairy production systems characterization in urban and peri- urban areas of central Oromia, Ethiopia, and effects of concentrate supplementation on productive and reproductive performances of crossbred dairy cows. PhD Dissertation. Department of Animal Production Studies, Addis Ababa University, College of Veterinary Medicine and Agriculture., Bishoftu.
- Ferraretto, L. F., P. M. Crump, e R. D. Shaver. 2013. Effect of cereal grain type and corn grain harvesting and processing methods on intake, digestion, and milk production by dairy cows through a meta-analysis. *J. Dairy Sci.* 96:533–550. <https://doi.org/10.3168/jds.2012-5932>.
- Ferreira, A. C. 2015. Torta de licuri na suplementação de vacas em lactação a pasto. Tese de Doutorado. Departamento de Ciência Animal nos Trópicos, Universidade Federal da Bahia., Salvador.
- Ferreira, J. E. V., M. T. S. Pinheiro, W. R. S. dos Santos, e R. da S. Maia. 2016. Graphical

- representation of chemical periodicity of main elements through boxplot. *Educacion Quimica* 27:209–216. <https://doi.org/10.1016/j.eq.2016.04.007>.
- Filippova, O. B., E. I. Kiyko, e A. N. Zazulya. 2018. Adding of substandard sunflower seeds as an energy supplement to the ration of dairy cows. *Russ. Agric. Sci.* 44:345–349. <https://doi.org/10.3103/S1068367418040080>.
- Gaillard, C., M. T. Sørensen, M. Vestergaard, A. Basar, M. K. Larsen, H. Martinussen, U. Kidmose, e J. Sehested. 2017b. Effect of substituting soybean meal and canola cake with dried distillers grains with solubles at 2 dietary crude protein levels on feed intake, milk production, and milk quality in dairy cow. *J. Dairy Sci.* 100:8928–8938. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-12718>.
- Gaillard, C., M. T. Sørensen, M. Vestergaard, M. R. Weisbjerg, A. Basar, M. K. Larsen, H. Martinussen, U. Kidmose, e J. Sehested. 2017a. Effect of substituting soybean meal and canola cake with grain-based dried distillers grains with solubles as a protein source on feed intake , milk production , and milk quality in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 100:7980–7989. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-12654>.
- Gaviolli, V. R. N. 2016. Fontes proteicas para vacas leiteiras. Tese de Doutorado. Departamento de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias., Jaboticabal.
- Glasser, F., A. Ferlay, and Y. Chilliard. 2008. Oilseed lipid supplements and fatty acid composition of cow milk: a meta-analysis. *J. Dairy Sci.* 91:4687–4703. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-0987>.
- Goiri, I., I. Zubiria, H. Benhissi, R. Atxaerandio, R. Ruiz, N. Mandaluniz, A. Garcia-Rodriguez. 2019. Use of cold-pressed sunflower cake in the concentrate as a low-input local strategy to modify the milk fatty acid profile of dairy cows. *Animals* 9:1–14. <https://doi.org/10.3390/ani9100803>.
- Gonzaga Neto, S., R. L. Oliveira, F. Helton, e S. de Lima. 2015. Milk production, intake, digestion, blood parameters, and ingestive behavior of cows supplemented with by-products from the biodiesel industry. *Trop. Anim. Health. Prod.* 47:191–200. <https://doi.org/10.1007/s11250-014-0706-2>.
- Hernández, I. C. R., e L. A. G. Valderrama. 2017. Evaluación de suplementos alimenticios conteniendo torta de higuierilla sobre la degradación in situ de dietas con pasto kikuyo y la producción lechera en vacas Holstein. *Rev MVZ Cordoba.* <http://dx.doi.org/10.21615/cesmvz.12.2.3>.
- Higgins, J. P. T., and S. G. Thompson. 2002. Quantifying heterogeneity in a meta-analysis.

- Stat. Med. 21:1539–1558. <https://doi.org/10.1002/sim.1186>.
- Higgins, J. P. T., S. G. Thompson, J. J. Deeks, and D. G. Altman. 2003. Measuring inconsistency in meta-analyses. *BMJ* 327:557. <https://doi.org/10.1136/bmj.327.7414.557>.
- Huhtanen, P., M. Hetta, e C. Swensson. 2011. Evaluation of canola meal as a protein supplement for dairy cows: A review and a meta-analysis. *Can. J. Anim. Sci.* 91:529–543. <https://doi.org/10.4141/cjas2011-029>.
- Iqbal, Z., M. A. Rashid, T. N. Pasha, e J. A. Bhatti. 2019. Effect of feeding varying levels of palm kernel cake on production performance and blood metabolites of lactating crossbred dairy cattle. *J Anim Plant Sci* 29:419–424. <http://www.thejaps.org.pk/.../10.pdf>.
- Johansson, B., K. Kumm, M. Åkerlind, e E. Nadeau. 2015. Cold-pressed rapeseed cake or full fat rapeseed to organic dairy cows - milk production and profitability. *Org. Agric.* 5:29–38. <https://doi.org/10.1007/s13165-014-0094-y>.
- Jóźwik, A., N. Strzałkowska, M. Markiewicz-kęszycka, J. Krzyżewski, P. Lipińska, J. Rutkowska, B. Wróblewska, J. Klusek, e R. G. Cooper. 2016. Effects of replacing rapeseed cake with linseed cake in a corn-grass silage-based diet for milking cows. *Anim. Sci. Pap. Rep.* 34:129–142. <http://www.ndsl.kr/ndsl/search/detail/article/articleSearchResultDetail.do?cn=NART77076193>.
- Karlsson, L., M. Finell, e K. Martinsson. 2010. Effects of increasing amounts of hempseed cake in the diet of dairy cows on the production and composition of milk. *Animal* 4:1854–1860. <https://doi.org/10.1017/S1751731110001254>.
- Katongole, C. B., J. M. Kabirizi, W. N. Nanyeenya, J. Kigongo, e G. Nviiri. 2016. Milk yield response of cows supplemented with sorghum stover and *Tithonia diversifolia* leaf hay diets during the dry season in northern Uganda. *Trop Anim Health Prod* 48:1463–1469. <https://doi.org/10.1007/s11250-016-1119-1>.
- Leduc, M., M.-P. Létourneau-Montminy, R. Gervais, e P. Y. Chouinard. 2017. Effect of dietary flax seed and oil on milk yield , gross composition , and fatty acid profile in dairy cows : A meta-analysis and meta-regression. *J. Dairy Sci.* 100:8906–8927. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-12637>.
- Lima Junior, D. M. de., P. de B. S. Monteiro, A. H. do N. Rangel, M. do V. Maciel, S. E. O. Oliveira, e D. A. Freire. 2010. Fatores Anti-Nutricionais Para Ruminantes. *Acta Vet. Brasilica* 4:132–143 <https://doi.org/10.21708/avb.2010.4.3.1818>.
- Lima, M. V. G. 2015. Coprodutos do biodiesel em dietas para novilhas e vacas lactantes. Tese de Doutorado. Departamento de Zootecnia, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia.,

Itapetinga.

- Luz, G. B., R. F. de Matos, J. B. Cardoso, e C. C. Brauner. 2019. Exigências nutricionais, cálculos de dieta e mensuração de sobras no manejo nutricional de vacas leiteiras. *Pesquisa Agropecuária Gaúcha* 25:16–31. <http://www.revistapag.fepagro.rs.gov.br/files/PAG25article3.pdf>.
- Macedo Júnior, G. de L., A. de M. Zanine, I. Borges, e J. R. O. Pérez. 2007. Qualidade da fibra para à dieta de ruminantes. *Cienc. Anim.* 17:7–17. <http://www.uece.br/cienciaanimal/dmdocuments/Artigo1.2007.1.pdf>.
- Madzimure, J., e C. Musimurimwa. 2011. Milk yield and quality in Guernsey cows fed cottonseed cake-based diets partially substituted with baobab (*Adansonia digitata* L.) seed cake. *Trop Anim Health Prod* 43:77–82. <https://doi.org/10.1007/s11250-010-9656-5>.
- Martineau, R., D. R. Ouellet, e H. Lapierre. 2013. Feeding canola meal to dairy cows: A meta-analysis on lactational responses. *J. Dairy Sci.* 96:1701–1714. <https://doi.org/10.3168/jds.2012-5740>.
- Martineau, R., D. R. Ouellet, E. Kebreab, e H. Lapierre. 2016. Casein infusion rate influences feed intake differently depending on metabolizable protein balance in dairy cows: A multilevel meta-analysis. *J. Dairy Sci.* 99:2748–2761. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-10427>.
- Martins, L. F. D. 2016. Torta de dendê em dietas para vacas lactantes confinadas. Dissertação de Mestrado. Departamento de Zootecnia, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia., Itapetinga.
- Mdziniso, M. P., A. M. Dlamini, G. Z. Khumalo, e J. F. Mupangwa. 2016. Effects of Feeding Marula [*Sclerocarya birrea* (L .)] Seed cake on milk yield and composition for lactating dairy cows. *Br J Appl Sci Technol* 18:1–10. <https://doi.org/10.9734/BJAST/2016/29682>.
- Maignan, T., C. Lechartier, G. Chesneau, e N. Bareille. 2017. Effects of feeding extruded linseed on production performance and milk fatty acid profile in dairy cows: A meta-analysis. *J. Dairy Sci.* 100:4394–4408. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11850>.
- Micek, P., Z. M. Kowalski, M. Sady, J. Oprządek, J. Domagała, e P. Wanat. 2019. An energy-protein feed additive containing different sources of fat improves feed intake and milk performance of dairy cows in mid-lactation. *J. Dairy Res.* 86:55–62. <https://doi.org/10.1017/S0022029919000062>.
- Moher, D., A. Liberati, J. Tetzlaff, and D. G. Altman. 2009. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: The PRISMA statement. *PLoS Med.* 6:e1000097. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000097>.

- National Research Council. 2001. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 7th rev. ed. Natl. Acad. Press, Washington, DC.
- Nes, S. H. 2013. efeito av aukande mengde rapskake i rasjonen på innhald av jod i kumjolk. MS Thesis. Institutt for Husdyr- og Akvakulturvitskap, Universitetet for Miljø- og Biovitskap., Noruega. <http://hdl.handle.net/11250/186292>.
- Oliveira, B. C. de, G. A. de O. Caetano, M. B. Caetano Júnior, T. R. Martins, e C. B. de Oliveira. 2017. Mecanismos reguladores de consumo em bovinos de corte. *Nutri-Time* 14:6066–6075. <https://www.nutritime.com.br/site/artigo-433-mecanismos-reguladores-de-consumo-em-bovinos-de-corte/>.
- Oliveira, M. A., R. B. Reis, M. M. Ladeira, I. G. Pereira, G. L. Franco, H. M. Saturnino, S. G. Coelho, M. A. T. Artunduaga, B. N. Faria, e J. A. Souza Júnior. 2007. Produção e composição do leite de vacas alimentadas com dietas com diferentes proporções de forragem e teores de lipídeos. *Arq Bras Med Vet Zootec* 59:759–766. <https://doi.org/10.1590/s0102-09352007000300030>.
- Oliveira, P. A. de. 2015. Torta de dendê em dietas para vacas leiteiras em pastagem com *Brachiaria brizantha*. Tese de Doutorado. Departamento de Zootecnia, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia., Itapetinga.
- Oliveira, R., M. Faria, R. Silva, L. Bezerra, G. Carvalho, A. Pinheiro, e J. Simionato. 2015. Fatty acid profile of milk and cheese from dairy cows supplemented a diet with palm kernel cake. *Molecules* 20:15434–15448. <https://doi.org/10.3390/molecules200815434>.
- Oliveira, R. L., S. Gonzaga Neto, F. Helton, S. de Lima, A. N. de Medeiros, L. R. Bezerra, E. S. Pereira, e A. R. Bagaldo. 2016. Composition and fatty acid profile of milk from cows supplemented with pressed oilseed cake. *Anim. Sci. J.* 87:1225–1232. <https://doi.org/10.1111/asj.12571>.
- Pereira, E. S., P. G. Pimentel, G. M. B. Moreno, I. Y. Mizubuti, E. L. de A. Ribeiro, A. C. N. Campos, S. M. P. de Oliveira, A. P. Pinto, e R. M. da S. Aquino. 2012. Intake, nutrient digestibility and nitrogen balance in lactating dairy cows fed diets containing sunflower cake. *Semin. Cienc. Agrar.* 33:2461–2470. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2012v33n6p2461>.
- Pereira, E. S., P. G. Pimentel, M. A. D. Bomfim, M. S. de S. Carneiro, e M. J. D. Cândido. 2011a. Torta de girassol em rações de vacas em lactação: produção microbiana, produção, composição e perfil de ácidos graxos do leite. *Acta Sci* 33:387–394. <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v33i4.11327>.
- Pereira, E. S., P. G. Pimentel, M. S. de S. Carneiro, I.Y. Mizubuti, E. L. de A. Ribeiro, J. N.

- Rocha Jr., e M. R. G. F. Costa. 2011b. Comportamento ingestivo de vacas em lactação alimentadas com rações a base de torta de girassol. *Semin. Cienc. Agrar.* 32:1201–1210. <http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/view/7700/8395>.
- Pimentel, L. R. 2014. Torta de dendê em dietas de vacas lactantes em confinamento. Dissertação de Mestrado. Departamento de Zootecnia, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia., Itapetinga.
- Porto Junior, A. F. 2019. Torta de licuri em dietas de vacas leiteiras confinadas. Tese de Doutorado. Departamento de Zootecnia, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia., Itapetinga.
- Prima, N. Z., A. S. Khan, e R. Habib. 2018. Effect of pre-partum and post-partum concentrate supplementation on milk yield and quality , calf birth weight and post-partum heat period of Holstein-Friesian crossbred cows. *Fundam. Appl. Agric.* 3:579–585. <https://doi.org/10.5455/faa.297521>.
- Queiroz, O. C. M., L. G. Nussio, P. Schmidt, J. L. Ribeiro, M. C. Santos, e M. Zopollatto. 2008. Silagem de cana-de-açúcar comparada a fontes tradicionais de volumosos suplementares no desempenho de vacas de alta produção. *Rev. Bras. Zootec.* 37:358–365. <https://doi.org/10.1590/s1516-35982008000200024>.
- Rabiee, A. R., K. Breinhild, W. Scott, H. M. Golder, E. Block, e I. J. Lean. 2012. Effect of fat additions to diets of dairy cattle on milk production and components: A meta-analysis and meta-regression. *J. Dairy Sci.* 95:3225–3247. <https://doi.org/10.3168/jds.2011-4895>.
- Raj, D. N., J. V. Ramana, S. B. N. Rao, D.D. Kumar, M. V. A. N. Suryanarayana, Y. R. Reddy, e K. S. Prasad. 2016. Effect of incorporation of detoxified karanja (*Pongamia pinnata*) and neem (*Azadirachta indica*) seed cakes in total mixed rations on milk yield, composition and efficiency in crossbred dairy cows. *Indian J Anim Sci* 86:489–492. <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20163176415>.
- Re, A. C. Del. 2015. A practical tutorial on conducting meta-analysis in R. *Quant Method Psychol* 11:37–50. <https://doi.org/10.20982/tqmp.11.1.p037>.
- Refat, B., D. A. Christensen, J. J. McKinnon, W. Yang, A. D. Beattie, T. A. McAllister, J. S. Eun, G. A. Abdel-Rahman, e P. Yu. 2018. Effect of fibrolytic enzymes on lactational performance, feeding behavior, and digestibility in high-producing dairy cows fed a barley silage-based diet. *J. Dairy Sci.* 101:7971–7979. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-14203>.
- Ribeiro, L. S., T. J. F. Goes, R. A. Torres Filho, C. V. Araújo, R. B. Reis, e H. M. Saturnino. 2017. Desempenhos produtivo e reprodutivo de um rebanho F1 Holandês x Gir em Minas Gerais. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.* 69:1624–1634. <https://doi.org/10.1590/1678-4162->

9076.

- Rodrigues, C. L., e P. K. Ziegelmann. 2010. Seção de bioestatística Metanálise: Um guia prático. *Revista HCPA*. 30:436–447. Accessed Apr 06, 2020. <https://seer.ufrgs.br/index.php/hcpa/article/view/16571/10735>.
- Rodrigues, E. S. de O. 2018. Torta de dendê em dietas para vacas lactantes em pastejo. Tese de Doutorado. Departamento de Zootecnia, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia., Itapetinga.
- Rutkowska, J., M. Białek, E. Bagnicka, J. Jarczak, K. Tambor, N. Strzałkowska, A. Jóźwik, J. Krzyżewski, A. Adamska, e E. Rutkowska. 2015. Effects of replacing extracted soybean meal with rapeseed cake in corn grass silage-based diet for dairy cows. *J. Dairy Sci.* 82:1–8. <https://doi.org/10.1017/S0022029915000060>.
- Salazar, D. R., C. S. Cortinhas, e J. E. Freitas Jr. 2008. Sincronismo energia - proteína: assimilação de nitrogênio e síntese de proteína microbiana em ruminantes. *Rev MVZ Cordoba* 2:1–30. <http://www.pubvet.com.br/material/Salazar200.pdf>.
- Sánchez-Duarte, J. I., K. F. Kalscheur, A. D. García, e F. E. Contreras-Govea. 2019. Short communication: Meta-analysis of dairy cows fed conventional sorghum or corn silages compared with brown midrib sorghum silage. *J. Dairy Sci.* 102:419–425. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-14552>.
- Santos, A. X. dos, L. das D. F. da Silva, J. A. C. Lançanova, E. L. A. Ribeiro, A. A. Cestari, e R. D. Dias. 2012. Efeitos da suplementação de torta de girassol para vacas lactantes: desempenho produtivo e análise econômica. *Semin. Cienc. Agrar.* 33:3401–3410. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2012v33Supl2p3401>.
- Santos, E. J. F. dos, e M. Cunha. 2013. Interpretação crítica dos resultados estatísticos de uma meta-análise: estratégias metodológicas. *Millenium* 44:85–98. <http://hdl.handle.net/10400.19/2273>.
- Santos, F., A. P. 2006. Metabolismo de proteínas. Páginas 265-292 In: *Nutrição de ruminantes*. Berchielli, T.T. Pires, A.V. Oliveira, S. G. de, ed. Prol editora gráfica, Jaboticabal, SP.
- Scorsato, A.P., e V. Menarin. 2014. Curvas de lactação de bovinos da raça holandesa e mestiços do município de castro, Paraná. *Rev. Bras. Biom.* 32:216–225. http://jaguar.fcav.unesp.br/RME/fasciculos/v32/v32_n2/A4_Anderson_Vinicius_Sueli.pdf.
- Shingfield, K. J., L. Bernard, C. Leroux, e Y. Chilliard. 2010. Role of trans fatty acids in the nutritional regulation of mammary lipogenesis in ruminants. *Anim.* 4:1140–1166. <https://doi.org/10.1017/S1751731110000510>.

- Silva, R. L. N. V., R. L. Oliveira, O. L. Ribeiro, A. G. Leão, G. G. P. Carvalho, A. C. Ferreira, L. F. B. Pinto, e E. S. Pereira. 2013. Palm kernel cake for lactating cows in pasture: intake, digestibility, and blood parameters. *Ital. J. Anim. Sci.* 12:257–264. <https://doi.org/10.4081/ijas.2013.e42>.
- Silva, R. L. N. V. da, R. L. Oliveira, G. G. P. de Carvalho, O. L. Ribeiro, A. G. Leão, M. M. de S. Faria, e C. A. da S. Ledo. 2012. Degradabilidade ruminal e balanço energético em vacas leiteiras a pasto suplementadas com torta de dendê. *Rev. Bras. Saúde Prod. Anim.* 13:503–515. <https://doi.org/10.1590/S1519-99402012000200018>.
- Silveira, S. R., S. A. Terry, T. E. Biffin, R. M. Maurício, L. Gustavo, R. Pereira, A. L. Ferreira, R. S. Ribeiro, J. P. Sacramento, T. R. Tomich, e A.V. Chaves. 2019. Replacement of soybean meal with soybean cake reduces methane emissions in dairy cows and an assessment of a face-mask technique for methane measurement. *Front Vet Sci* 6:1–13. <https://doi.org/10.3389/fvets.2019.00295>.
- Slimen, I. B., M. Chnitera, T. Najara, e A. Ghramc. 2019. Meta-analysis of some physiologic, metabolic and oxidative responses of sheep exposed to environmental heat stress. *Livest Sci* 229:179–187. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2019.09.026>.
- Sobreira, H. F. 2011. Resíduos do coco da macaúba em substituição parcial ao milho e farelo de soja em rações para vacas mestiças lactantes. Dissertação de Mestrado. Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa., Minas Gerais.
- Sohail, M., M. Nauman-ul-islam, I. A. Shah, A. Raziq, S. Ullah, e A. A. Shah. 2017. Brief report effect of supplementing different levels of mustard seed cake on milk yield and milk composition of achai cattle. *Meat Sciences and Veterinary Public Health* 2:2002–2005. encurtador.com.br/ejz56.
- Teshome, M., M. Urge, G. Assefa, e K. Melesse. 2019. Effects of sources of dietary protein supplemented to oat-vetch hay mixture on milk yield and milk composition of crossbred dairy cows. *Int. J. Livest. Prod.* 10:56–61. <https://doi.org/10.5897/IJLP2017.0439>.
- Uddin, H., A. Rahman, R. Khan, B. D. Khan, D. Muhammad, K. Farid, K. Anwar, e ibghat U. and Z. Ali. 2013. Effect of cotton seed cake on cattle milk yield and composition at livestock research and development station surezai, Peshawar, Pakistan. *Pak J Nutr* 12:468–475. <https://doi.org/10.3923/pjn.2013.468.475>.
- Vasilachi, A., G. Ciurescu, e M. Hăbeanu. 2018. Milk yield, physico-chemical parameters and fatty acid content from dairy cows fed two types of non-genetically modified soybean cakes. *Indian J Anim Sci* 88:558–561.
- Viechtbauer, W. 2010. Conducting meta-analyses in r with the metafor package. *J Stat Softw*

- 36:1–48. <https://doi.org/10.18637/jss.v036.i03>.
- Viechtbauer, W. 2020. Meta-Analysis Package for R, Version 2.4-0. Accessed Apr 08, 2020. <http://www.metafor-project.org>, <https://github.com/wviechth/metafor>.
- Zubiria, I., A. Garcia-rodriguez, R. Atxaerandio, e R. Ruiz, H. Benhissi, N. Mandaluniz, J. L. Lavín, L. Abecia, e I. Goiri. 2019. Effect of feeding cold-pressed sunflower cake on ruminal fermentation, lipid metabolism and bacterial community in dairy cows. *Animals* 9:1–18. <https://doi.org/10.3390/ani9100755>.
- Zymon, M., J. Strzetelski, e J. Kowalczyk. 2012. The effectiveness of rapeseed cake and glycerine in feeding dairy cows. *J. Anim. Feed Sci.* 21:49–64. <https://doi.org/10.22358/jafs/66035/2012>.

ANEXOS

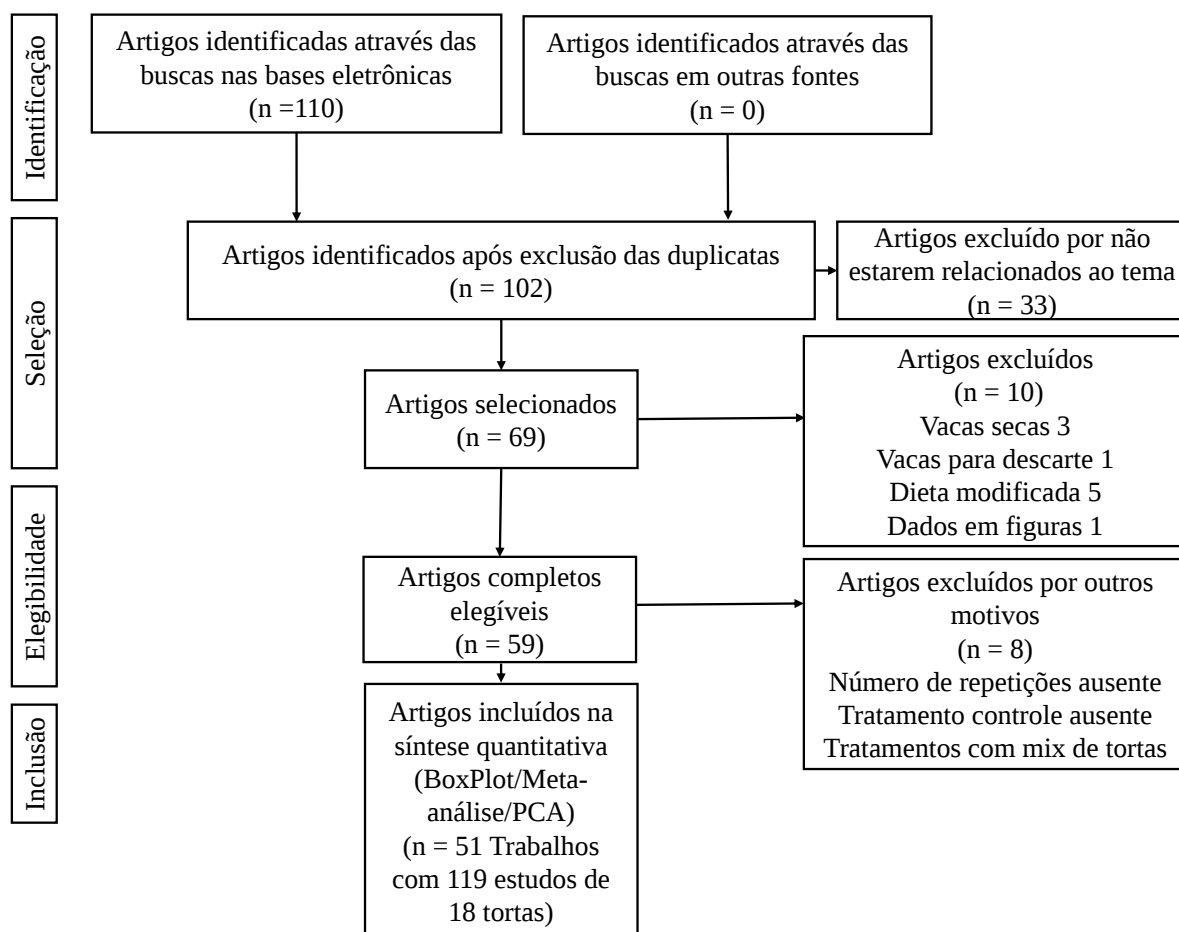


Figura S1. Diagrama PRISMA da seleção dos estudos.

Tabela S1. Estudos elegíveis, natureza do trabalho (artigo, dissertação e tese) e tipo de torta.

autor	Trabalho	Natureza	Estudo	Número da torta	Tipo de Torta	autor	Trabalho	Natureza	Estudo	Número da torta	Tipo de Torta
Brasil et al. (2015) a	1	Artigo	1	1	Algodão	Lima (2015) a	27	Tese	61	1	Algodão
Brasil et al. (2015) b	1	Artigo	2	1	Algodão	Lima (2015) b	27	Tese	62	9	Girassol
Brask et al. (2013)	1	Artigo	3	7	Colza	Lima (2015) c	27	Tese	63	14	Mamona
Cerutti (2013) a	2	Dissertação	4	2	Amendoim	Madzimore e Musimurimwa (2011) a	28	Artigo	64	5	Baobá
Cerutti (2013) b	2	Dissertação	5	2	Amendoim	Madzimore e Musimurimwa (2011) b	28	Artigo	65	5	Baobá
Cerutti (2013) c	2	Dissertação	6	2	Amendoim	Madzimore e Musimurimwa (2011) c	28	Artigo	66	5	Baobá
Costa et al. (2015) a	3	Artigo	7	2	Amendoim	Martins (2016) a	29	Dissertação	67	8	Dendê
Costa et al. (2015) b	3	Artigo	8	2	Amendoim	Martins (2016) b	29	Dissertação	68	8	Dendê
Costa et al. (2015) c	3	Artigo	9	2	Amendoim	Martins (2016) c	29	Dissertação	69	8	Dendê
Iqbal et al. (2019) a	4	Artigo	10	8	Dendê	Mdziniso et al. (2016) a	30	Artigo	70	15	Marula
Iqbal et al. (2019) b	4	Artigo	11	8	Dendê	Mdziniso et al. (2016) b	30	Artigo	71	15	Marula
Jóźwik (2016)	5	Artigo	12	12	Linhaça	Nes (2013) a	31	Dissertação	72	7	Colza
Katongole et al. (2016) a	6	Artigo	13	9	Girassol	Nes (2013) b	31	Dissertação	73	7	Colza
Katongole et al. (2016) b	6	Artigo	14	9	Girassol	Nes (2013) c	31	Dissertação	74	7	Colza
Micek et al. (2019) a	7	Artigo	15	7	Colza	Oliveira (2010) a	32	Dissertação	75	9	Girassol
Micek et al. (2019) b	7	Artigo	16	7	Colza	Oliveira (2010) b	32	Dissertação	76	9	Girassol
Micek et al. (2019) c	7	Artigo	17	7	Colza	Oliveira (2010) c	32	Dissertação	77	9	Girassol
Pimentel (2014) a	8	Dissertação	18	8	Dendê	Oliveira (2015) a	33	Tese	78	8	Dendê
Pimentel (2014) b	8	Dissertação	19	8	Dendê	Oliveira (2015) b	33	Tese	79	8	Dendê
Pimentel (2014) c	8	Dissertação	20	8	Dendê	Oliveira (2015) c	33	Tese	80	8	Dendê
Raj et al. (2016)	9	Artigo	21	10	Karanja	Oliveira et al. (2015) a	34	Artigo	81	8	Dendê
Antunes (2017)	10	Tese	22	1	Algodão	Oliveira et al. (2015) b	34	Artigo	82	8	Dendê
Araújo et al. (2019) a	11	Artigo	23	4	Babaçu	Oliveira et al. (2015) c	34	Artigo	83	8	Dendê
Araújo et al. (2019) b	11	Artigo	24	4	Babaçu	Oliveira et al. (2016) a	35	Artigo	84	2	Amendoim
Azevedo et al. (2013) a	12	Artigo	25	13	Macaúba	Oliveira et al. (2016) b	35	Artigo	85	9	Girassol
Azevedo et al. (2013) b	12	Artigo	26	13	Macaúba	Oliveira et al. (2016) c	35	Artigo	86	8	Dendê
Azevedo et al. (2013) c	12	Artigo	27	13	Macaúba	Pereira et al. (2011a) a	36	Artigo	87	9	Girassol
Azevedo et al. (2014) a	13	Artigo	28	13	Macaúba	Pereira et al. (2011a) b	36	Artigo	88	9	Girassol
Azevedo et al. (2014) b	13	Artigo	29	13	Macaúba	Pereira et al. (2011a) c	36	Artigo	89	9	Girassol
Azevedo et al. (2014) c	13	Artigo	30	13	Macaúba	Pereira et al. (2011b) a	37	Artigo	90	9	Girassol
Castellani et al. (2017)	14	Artigo	31	3	Azeitona	Pereira et al. (2011b) b	37	Artigo	91	9	Girassol
Cibik e Keles (2016)	15	Artigo	32	3	Azeitona	Pereira et al. (2011b) c	37	Artigo	92	9	Girassol
Cunha (2010) a	16	Dissertação	33	8	Dendê	Pereira et al. (2012) a	38	Artigo	93	9	Girassol
Cunha (2010) b	16	Dissertação	34	8	Dendê	Pereira et al. (2012) b	38	Artigo	94	9	Girassol
Cunha (2010) c	16	Dissertação	35	8	Dendê	Pereira et al. (2012) c	38	Artigo	95	9	Girassol
Dias et al. (2017) a	17	Artigo	36	2	Amendoim	Porto Junior (2019) a	39	Tese	96	11	Licuri

Dias et al. (2017) b	17	Artigo	37	2	Amendoim	Porto Junior (2019) b	39	Tese	97	11	Licuri
Dias et al. (2017) c	17	Artigo	38	2	Amendoim	Porto Junior (2019) c	39	Tese	98	11	Licuri
Embaye (2019) a	18	Tese	39	16	Noug	Rodrigues (2018) a	40	Tese	99	8	Dendê
Embaye (2019) b	18	Tese	40	16	Noug	Rodrigues (2018) b	40	Tese	100	8	Dendê
Embaye (2019) c	18	Tese	41	16	Noug	Rodrigues (2018) c	40	Tese	101	8	Dendê
Ferreira (2015) a	19	Tese	42	11	Licuri	Rutkowska et al. (2015)	41	Artigo	102	7	Colza
Ferreira (2015) b	19	Tese	43	11	Licuri	Santos et al. (2012) a	42	Artigo	103	9	Girassol
Ferreira (2015) c	19	Tese	44	11	Licuri	Santos et al. (2012) b	42	Artigo	104	9	Girassol
Gaillard et al. (2017a) a	20	Artigo	45	7	Colza	Santos et al. (2012) c	42	Artigo	105	9	Girassol
Gaillard et al. (2017b) b	20	Artigo	46	7	Colza	Silveira et al. (2019) a	43	Artigo	106	18	Soja
Gaillard et al. (2017b) c	20	Artigo	47	7	Colza	Silveira et al. (2019) b	43	Artigo	107	18	Soja
Gaviolli (2016)	21	Tese	48	17	Seringueira	Silveira et al. (2019) c	43	Artigo	108	18	Soja
Goiri et al. (2019)	22	Artigo	49	9	Girassol	Sobreira (2011)	44	Dissertação	109	13	Macaúba
Gonzaga Neto et al. (2015) a	23	Artigo	50	2	Amendoim	Sohail et al. (2017) a	45	Artigo	110	1	Algodão
Gonzaga Neto et al. (2015) b	23	Artigo	51	8	Dendê	Sohail et al. (2017) b	45	Artigo	111	1	Algodão
Gonzaga Neto et al. (2015) c	23	Artigo	52	9	Girassol	Teshome et al. (2019) a	46	Artigo	112	1	Algodão
Hemández e Valderrama (2017) a	24	Artigo	53	14	Mamona	Teshome et al. (2019) b	47	Artigo	113	12	Linhaça
Hemández e Valderrama (2017) b	24	Artigo	54	14	Mamona	Uddin et al. (2013) a	48	Artigo	114	1	Algodão
Hemández e Valderrama (2017) c	24	Artigo	55	14	Mamona	Uddin et al. (2013) b	48	Artigo	115	1	Algodão
Hemández e Valderrama (2017) d	24	Artigo	56	14	Mamona	Vasilachi, Ciurescu e Hăbeanu (2018)	49	Artigo	116	18	Soja
Johansson et al. (2015)	25	Artigo	57	7	Colza	Zubiria et al. (2019)	50	Artigo	117	9	Girassol
Karlsson, Finell e Martinsson (2010) a	26	Artigo	58	6	Cânhamo	Zymon et al. (2012) a	51	Artigo	118	7	Colza
Karlsson, Finell e Martinsson (2010) b	26	Artigo	59	6	Cânhamo	Zymon et al. (2012) b	51	Artigo	119	7	Colza
Karlsson, Finell e Martinsson (2010) c	26	Artigo	60	6	Cânhamo	-	-	-	-	-	-

Tabela S2. Estatística descritiva das variáveis de ingestão de vacas leiteiras usadas na meta-análise e análise de componentes principais.

Torta	n	IMS (kg dia ⁻¹)				n	IMSpv (%)				n	DAMS (%)			
		Mín	Máx	Median	dp		Mín	Máx	Median	dp		Mín	Máx	Median	dp
Algodão	2	14.1	16.6	15.4	1.2	2	2.6	3.1	2.9	0.3	2	62.7	66.9	64.8	2.1
Amendoim	5	11.2	14.6	11.8	1.4	5	2.2	2.7	2.4	0.2	4	43.9	57.0	47.0	5.0
Azeitona	1	32.8	32.8	32.8	1.4	0	-	-	-	-	0	-	-	-	-
Babaçu	2	16.0	16.3	16.2	0.2	2	4.1	4.2	4.1	0.0	0	-	-	-	-
Baobá	0	-	-	-	-	0	-	-	-	-	0	-	-	-	-
Cânhamo	3	23.9	26.4	26.4	1.2	3	3.8	4.2	4.2	0.2	0	-	-	-	-
Colza	4	18.9	23.1	21.3	1.8	2	3.2	3.2	3.2	0.0	1	74.3	74.3	74.3	5.0
Dendê	2	7.2	16.6	13.1	2.2	22	1.9	3.9	2.6	0.5	16	53.9	69.5	60.0	4.9
Girassol	6	13.9	16.6	14.4	0.9	6	2.6	3.1	2.7	0.2	5	56.4	73.7	72.1	6.5
Karanja	0	-	-	-	-	0	-	-	-	-	0	-	-	-	-
Licuri	6	11.5	21.2	15.4	4.3	6	2.4	3.9	2.9	0.7	6	50.4	60.5	55.0	3.6
Linhaça	0	-	-	-	-	0	-	-	-	-	0	-	-	-	-
Macaúba	0	-	-	-	-	0	-	-	-	-	0	-	-	-	-
Mamona	1	16.8	16.8	16.8	4.3	1	2.9	2.9	2.9	0.7	1	67.9	67.9	67.9	3.6
Marula	2	5.3	5.3	5.3	0.0	2	1.4	1.4	1.4	0.0	0	-	-	-	-
Noug	0	-	-	-	-	0	-	-	-	-	0	-	-	-	-
Seringueira	0	-	-	-	-	0	-	-	-	-	0	-	-	-	-
Soja	3	15.8	16.1	15.9	0.1	3	3.0	3.4	3.0	0.2	3	81.6	81.9	81.7	0.1

n = número de observações, Mín = mínimo, Máx = máximo, Median = mediana, dp = desvio padrão.

Tabela S3. Estatística descritiva das variáveis de produção usadas na meta-análise e análise de componentes principais.

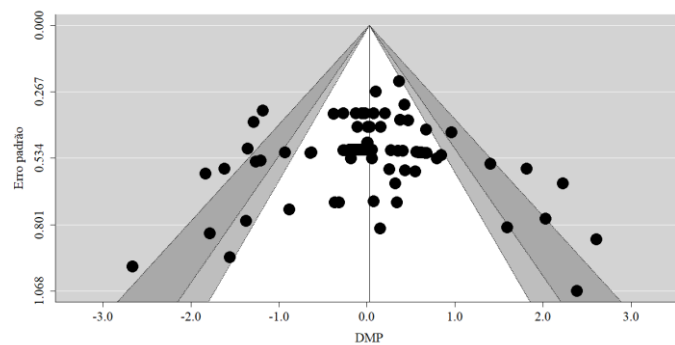
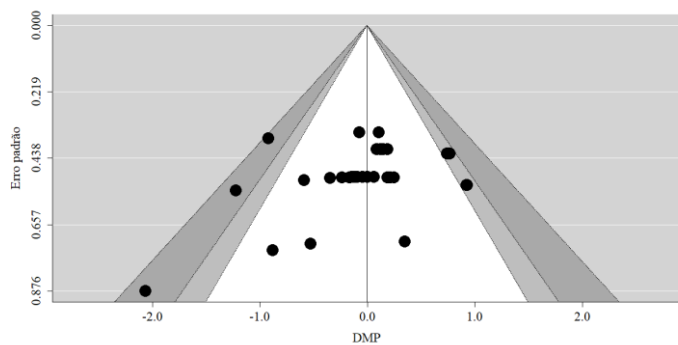
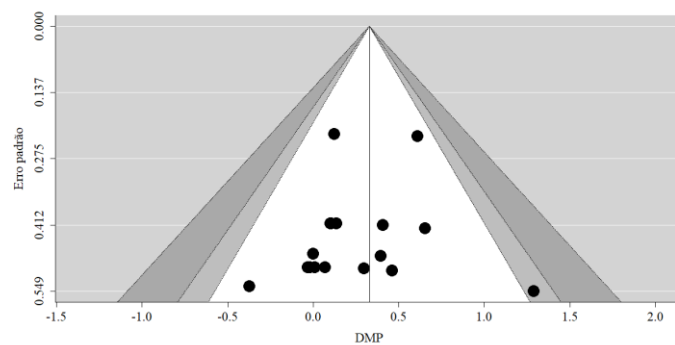
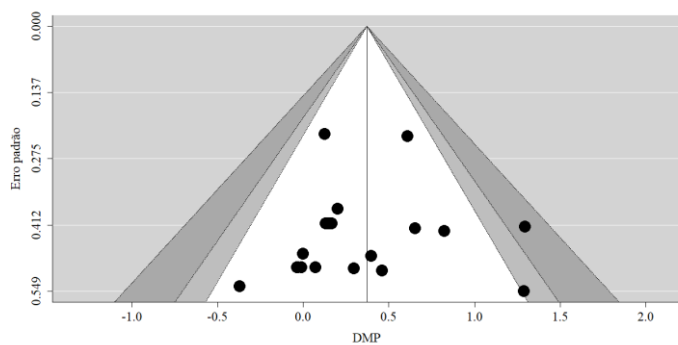
Torta	Produção de leite (kg dia ⁻¹)					Produção de gordura (kg dia ⁻¹)					Produção de proteína (kg dia ⁻¹)					Produção de lactose (kg dia ⁻¹)				
Estatística	n	Mín	Máx	Median	dp	n	Mín	Máx	Median	dp	n	Mín	Máx	Median	dp	n	Mínim	Máx	Median	dp
Algodão	9	3.0	34.4	8.0	9.8	9	0.1	0.9	0.4	0.2	9	0.1	1.0	0.2	0.3	9	0.1	1.6	0.3	0.5
Amendoim	7	8.0	14.7	14.5	2.3	7	0.2	0.5	0.4	0.1	7	0.3	0.4	0.4	0.1	7	0.4	0.7	0.7	0.1
Azeitona	1	50.9	50.9	50.9	2.3	1	1.4	1.4	1.4	0.1	1	1.4	1.4	1.4	0.1	1	2.4	2.4	2.4	0.1
Babaçu	2	11.9	13.0	12.5	0.6	2	0.4	0.4	0.4	0.0	2	0.3	0.4	0.4	0.0	2	0.5	0.6	0.5	0.0
Baobá	3	7.5	10.4	8.8	1.2	3	0.4	0.6	0.5	0.1	3	0.3	0.3	0.3	0.0	3	0.3	0.4	0.4	0.0
Cânhamo	3	26.8	28.7	26.8	0.9	3	1.0	1.2	1.1	0.1	3	0.9	1.0	0.9	0.1	3	1.2	1.3	1.3	0.1
Colza	14	26.9	45.7	35.2	6.3	14	0.8	1.6	1.3	0.2	14	0.9	1.4	1.2	0.1	10	1.3	2.2	1.6	0.4
Dendê	21	7.7	18.0	12.8	3.0	21	0.2	0.8	0.5	0.2	21	0.2	0.5	0.4	0.1	21	0.4	0.8	0.6	0.1
Girassol	14	7.3	20.7	15.9	4.7	9	0.2	0.8	0.6	0.2	9	0.3	0.7	0.5	0.1	9	0.4	1.0	0.7	0.2
Karanja	1	5.1	5.1	5.1	4.7	1	0.3	0.3	0.3	0.2	1	0.2	0.2	0.2	0.1	0	-	-	-	-
Licuri	6	9.6	21.9	14.6	5.5	6	0.2	1.1	0.6	0.4	6	0.3	0.7	0.4	0.2	6	0.4	1.0	0.7	0.2
Linhaça	2	6.2	26.8	16.5	10.3	2	0.2	1.1	0.7	0.4	2	0.2	1.0	0.6	0.4	2	0.2	1.2	0.7	0.5
Macaúba	4	12.0	23.9	19.2	4.3	4	0.4	0.9	0.7	0.2	4	0.4	0.7	0.5	0.1	4	0.5	1.1	0.9	0.2
Mamona	1	9.3	9.3	9.3	4.3	1	0.3	0.3	0.3	0.2	1	0.3	0.3	0.3	0.1	1	0.4	0.4	0.4	0.2
Marula	2	19.5	19.5	19.5	0.0	2	0.6	0.7	0.6	0.0	2	0.6	0.6	0.6	0.0	2	1.3	1.3	1.3	0.0
Noug	3	11.0	15.8	14.2	2.0	3	0.5	0.7	0.6	0.1	3	0.4	0.5	0.5	0.1	3	0.4	0.6	0.5	0.1
Seringueira	1	21.0	21.0	21.0	2.0	1	0.7	0.7	0.7	0.1	1	0.6	0.6	0.6	0.1	1	1.0	1.0	1.0	0.1
Soja	4	19.4	21.5	20.4	1.0	4	0.8	1.0	0.9	0.1	4	0.6	0.7	0.7	0.0	4	0.8	1.0	0.9	0.0

n = número de observações, Min = mínimo, Max = máximo, Median = mediana, dp = desvio padrão.

Tabela S4. Estatística descritiva dos valores de teores de gordura, proteína e lactose do leite usados na meta-análise e análise de componentes principais.

Estatística	Teor de gordura (%)					Teor de proteína (%)					Teor de lactose (%)				
	n	Mín	Máx	Median	dp	n	Mín	Máx	Median	dp	n	Mín	Máx	Median	dp
Algodão	9	2.7	5.8	4.1	0.9	9	2.8	3.4	3.1	0.2	9	3.9	4.9	4.6	0.4
Amendoim	7	2.7	3.3	3.0	0.2	7	2.9	3.2	3.0	0.1	7	4.7	4.8	4.7	0.0
Azeitona	2	2.7	3.7	3.2	0.5	2	2.8	3.7	3.3	0.5	2	4.6	4.8	4.7	0.1
Babacu	2	3.2	3.7	3.5	0.3	2	2.9	2.9	2.9	0.0	2	4.3	4.4	4.4	0.1
Boabá	3	5.2	5.4	5.2	0.1	3	2.7	3.4	3.2	0.3	3	4.1	4.3	4.3	0.1
Canhamo	3	3.9	4.2	4.1	0.1	3	3.4	3.6	3.5	0.1	3	4.4	4.8	4.7	0.2
Colza	14	2.4	4.6	3.9	0.6	14	2.9	3.6	3.4	0.2	10	4.6	4.8	4.7	0.1
Dende	21	2.8	4.7	4.3	0.6	21	2.3	3.9	3.1	0.3	21	4.1	5.0	4.6	0.2
Girassol	9	2.7	4.0	3.6	0.4	9	3.0	3.7	3.2	0.2	9	4.2	4.9	4.4	0.2
Karanja	1	5.0	5.0	5.0	0.4	1	3.6	3.6	3.6	0.2	0	-	-	-	-
Licuri	6	2.4	5.0	3.9	1.2	6	3.0	3.1	3.1	0.0	6	4.5	4.7	4.6	0.1
Linhaça	2	4.0	4.1	4.0	0.1	2	2.8	3.6	3.2	0.4	2	4.0	4.6	4.3	0.3
Macauba	4	3.2	3.8	3.5	0.2	4	2.8	3.0	2.9	0.1	4	4.4	4.6	4.5	0.1
Mamona	1	3.1	3.1	3.1	0.2	1	3.3	3.3	3.3	0.1	1	4.5	4.5	4.5	0.1
Marula	2	3.2	3.4	3.3	0.1	2	3.2	3.3	3.2	0.1	2	6.7	6.7	6.7	0.0
Noug	3	4.2	4.5	4.3	0.1	3	3.2	3.5	3.4	0.1	3	3.7	3.9	3.8	0.1
Seringueira	1	3.5	3.5	3.5	0.1	1	2.9	2.9	2.9	0.1	1	4.7	4.7	4.7	0.1
Soja	4	4.0	4.8	4.2	0.3	4	3.2	3.3	3.3	0.1	4	4.3	4.6	4.5	0.1

n = número de observações, Mín = mínimo, Máx = máximo, Median = mediana, dp = desvio padrão.



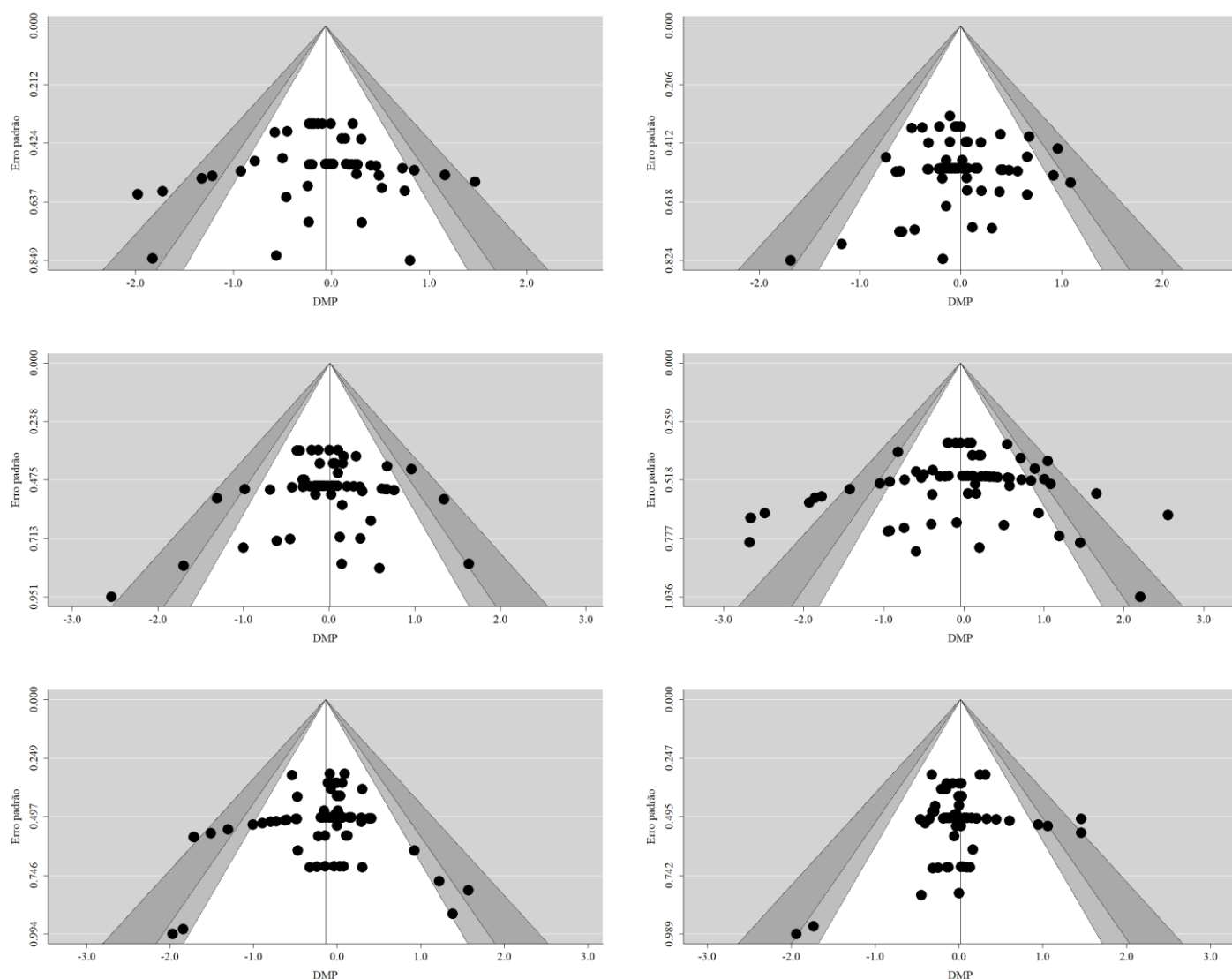


Figura S2. Gráficos de funil para ingestão de matéria seca (A), ingestão de matéria seca em função do peso corporal (B), digestibilidade aparente da matéria seca (C), produção de leite (D), produção de gordura do leite (D), produção de proteína do leite (E), produção de lactose no leite (F), teor de gordura do leite (G), teor de proteína do leite (H), teor de lactose do leite (I) de vacas alimentadas com substituição parcial da dieta padrão por tortas. O eixo x é representado pela diferença média padronizada. A linha vertical representa o erro padrão global estimado. As áreas sombreadas indicam os intervalos de confiança para os estudos (>90%, 90%-95%, 95%-99%). Os círculos dos estudos estão predominantemente dentro do funil, indicando ausência de viés de publicação.

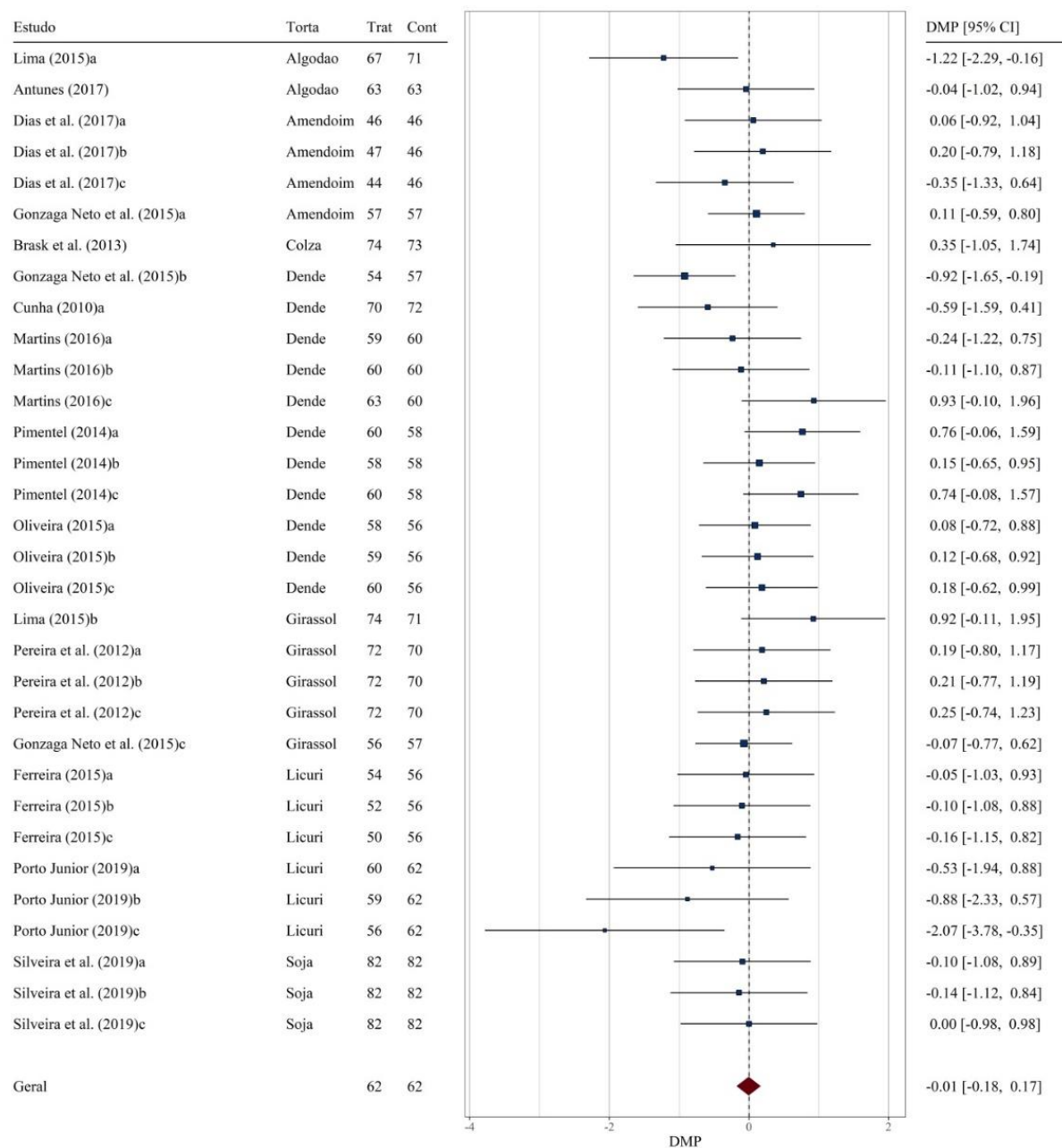


Figura S3. Gráfico de floresta do efeito da substituição parcial da dieta por tortas na digestibilidade aparente da matéria seca (DAMS, %) de leite de vacas.

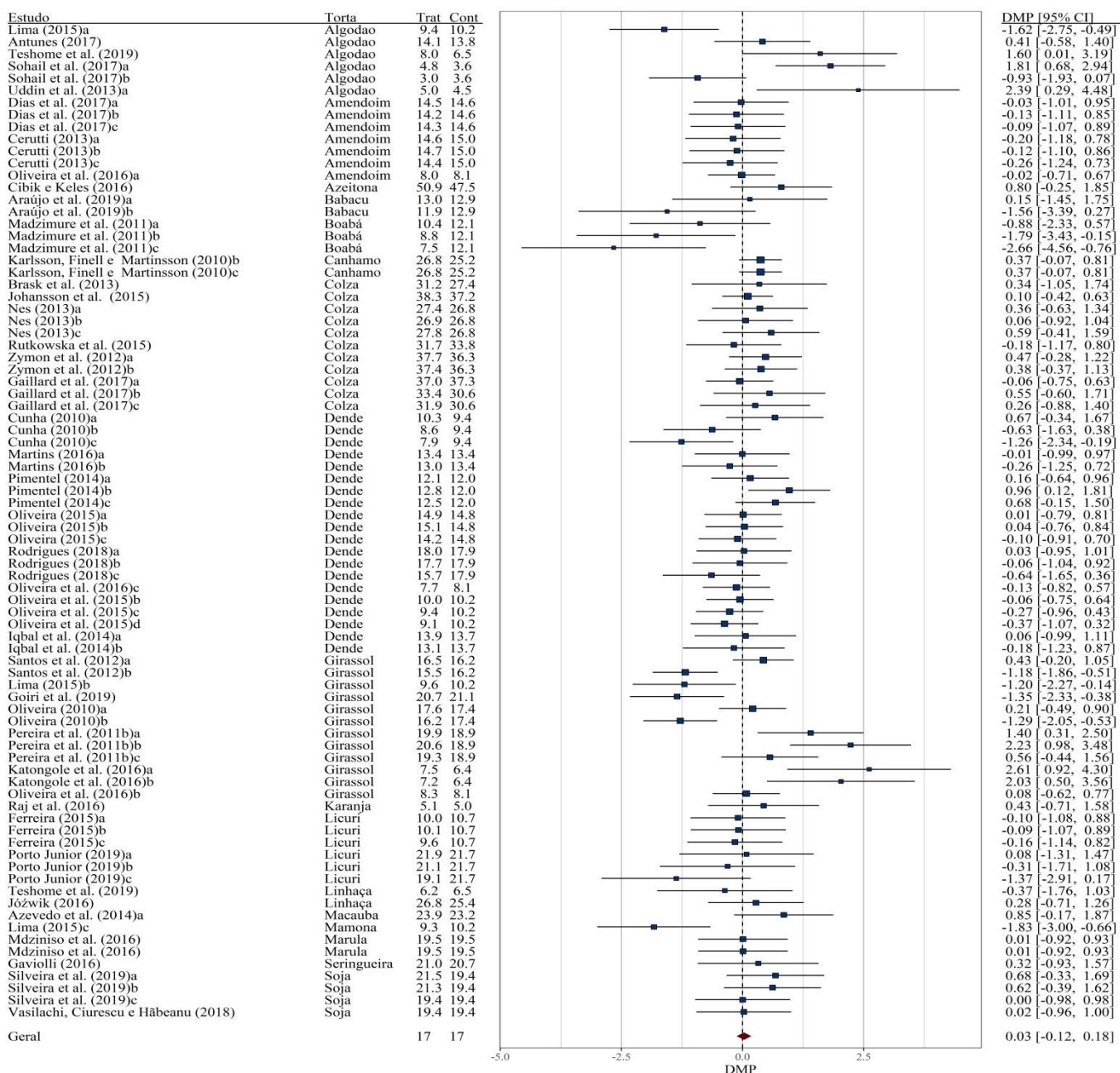


Figura S4. Gráfico de floresta do efeito da substituição parcial da dieta por tortas na produção de leite (PL, kg dia⁻¹).

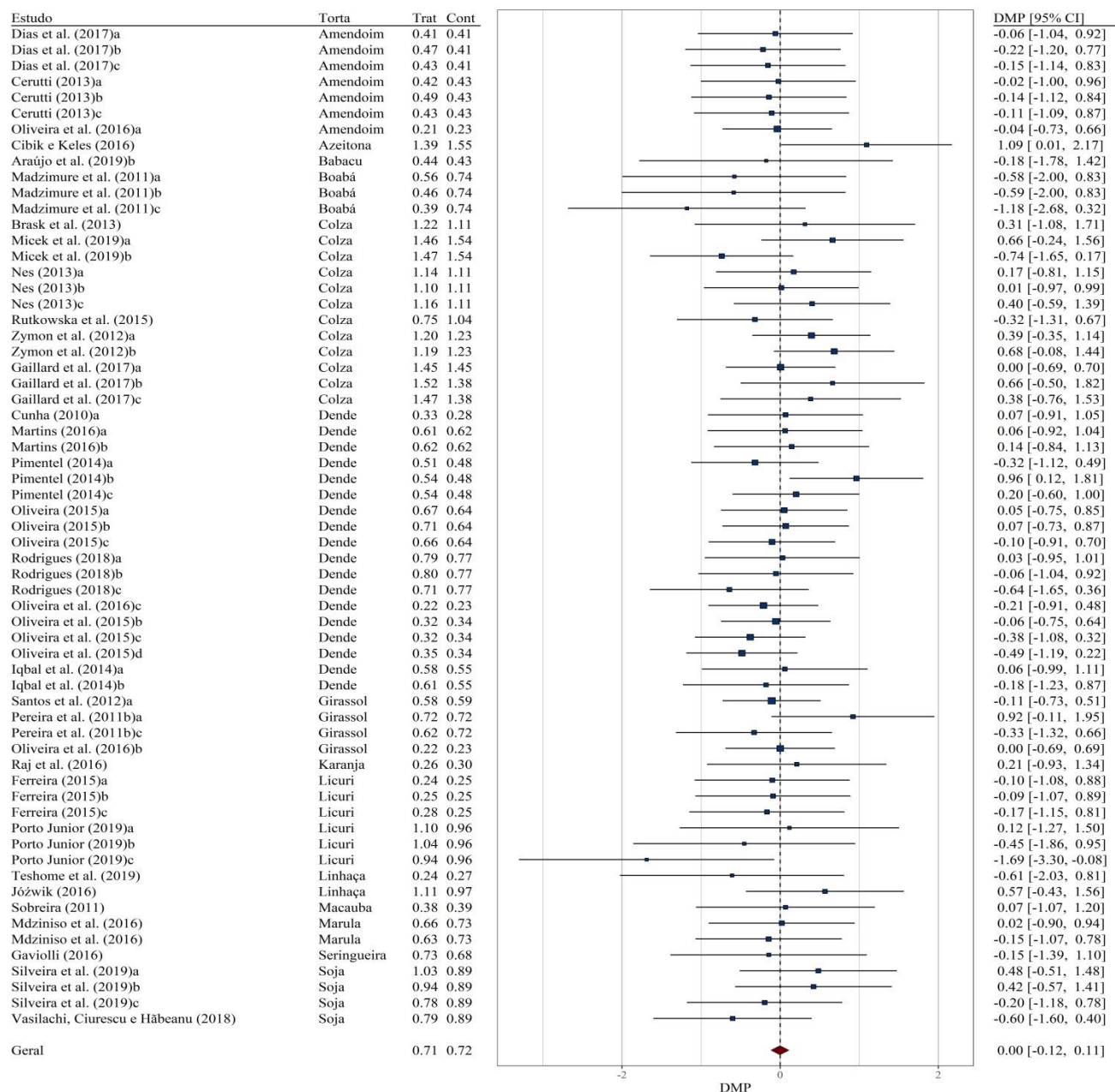


Figura S5. Gráfico de floresta do efeito da substituição parcial da dieta por tortas na produção de gordura (ProdGord, kg dia⁻¹).

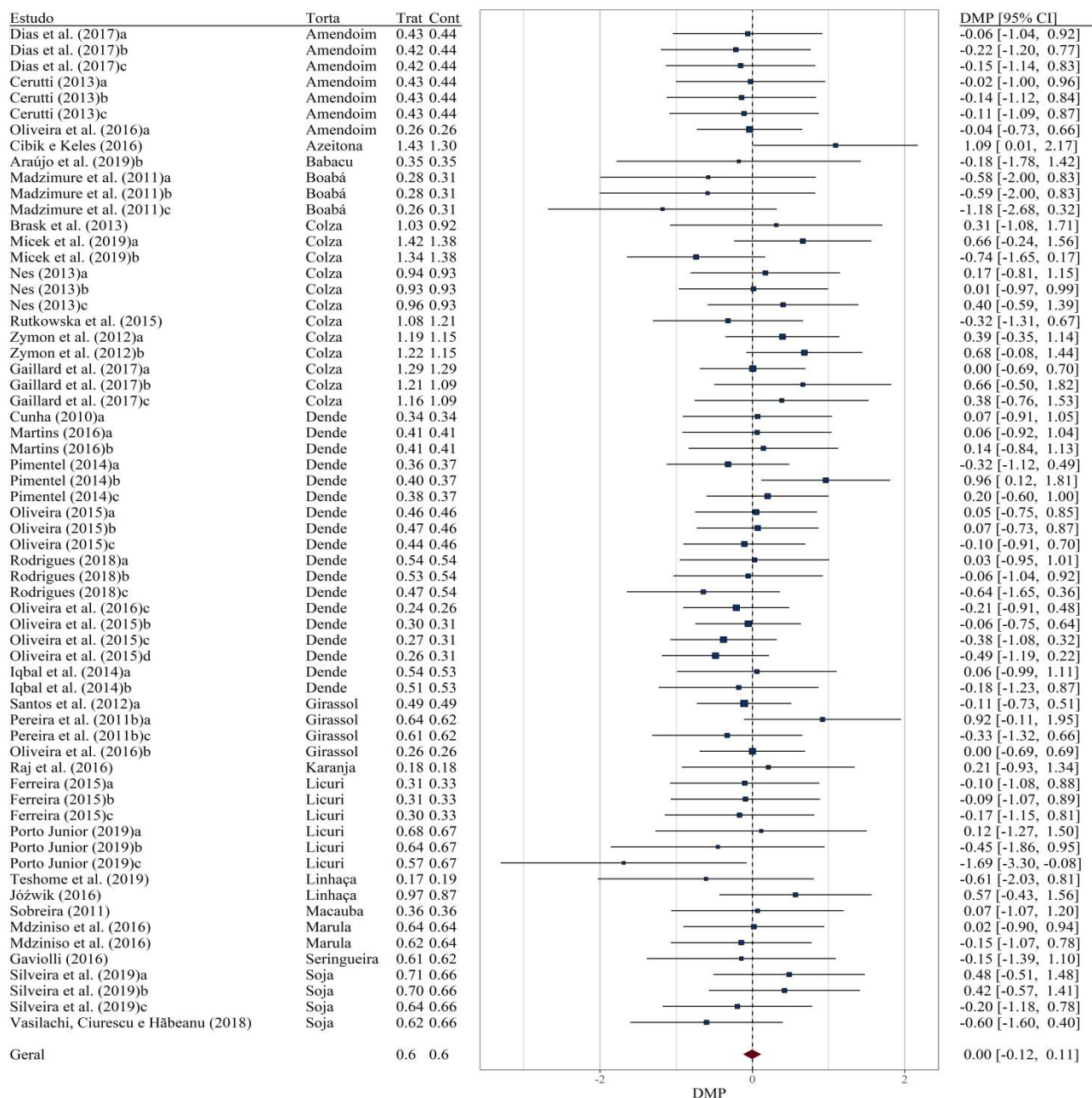


Figura S6. Gráfico de floresta do efeito da substituição parcial da dieta por tortas na produção de proteína (ProdProt, kg dia⁻¹).

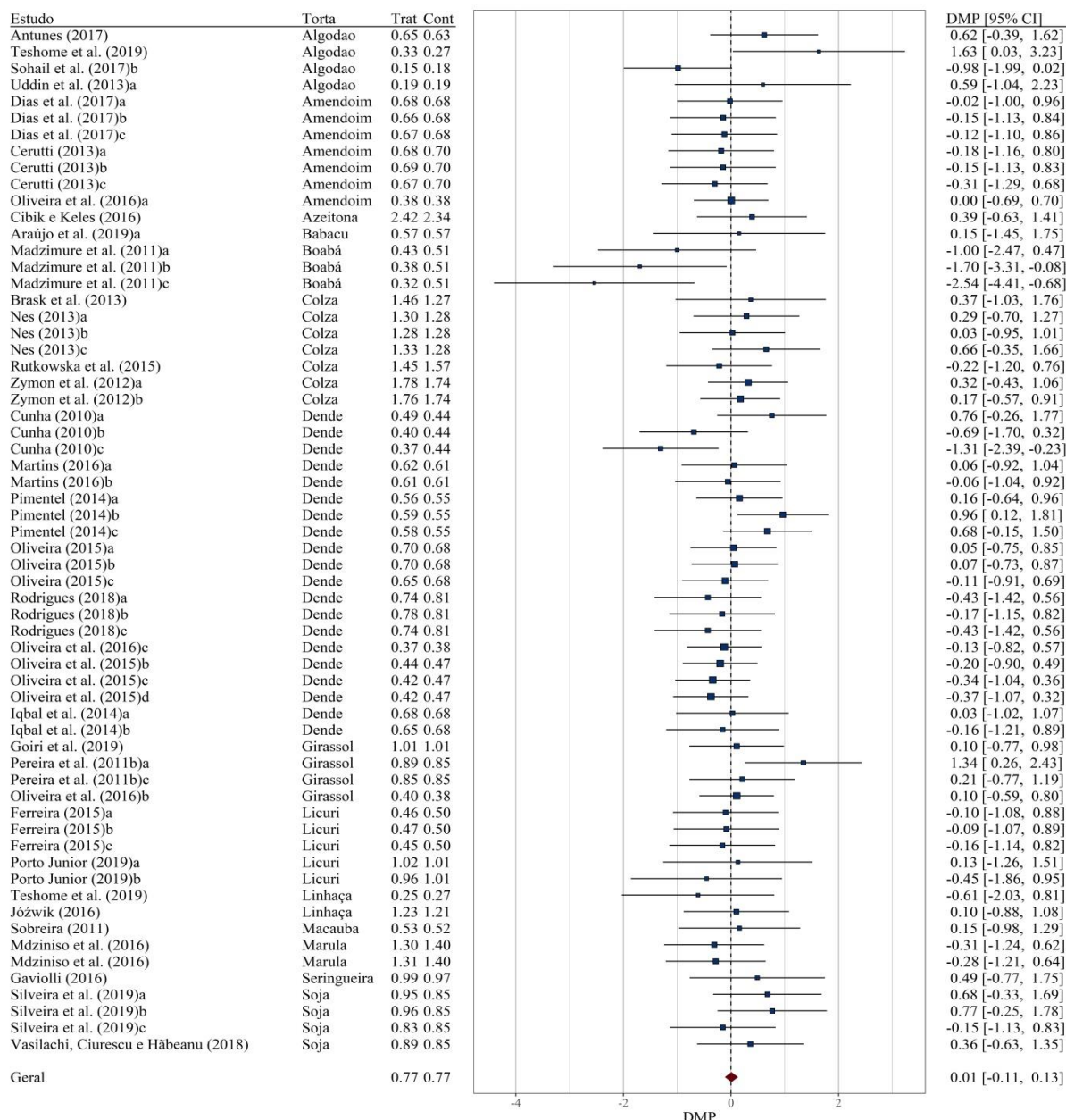


Figura S7. Gráfico de floresta do efeito da substituição parcial da dieta por tortas na produção lactose (ProdLact, kg dia⁻¹)

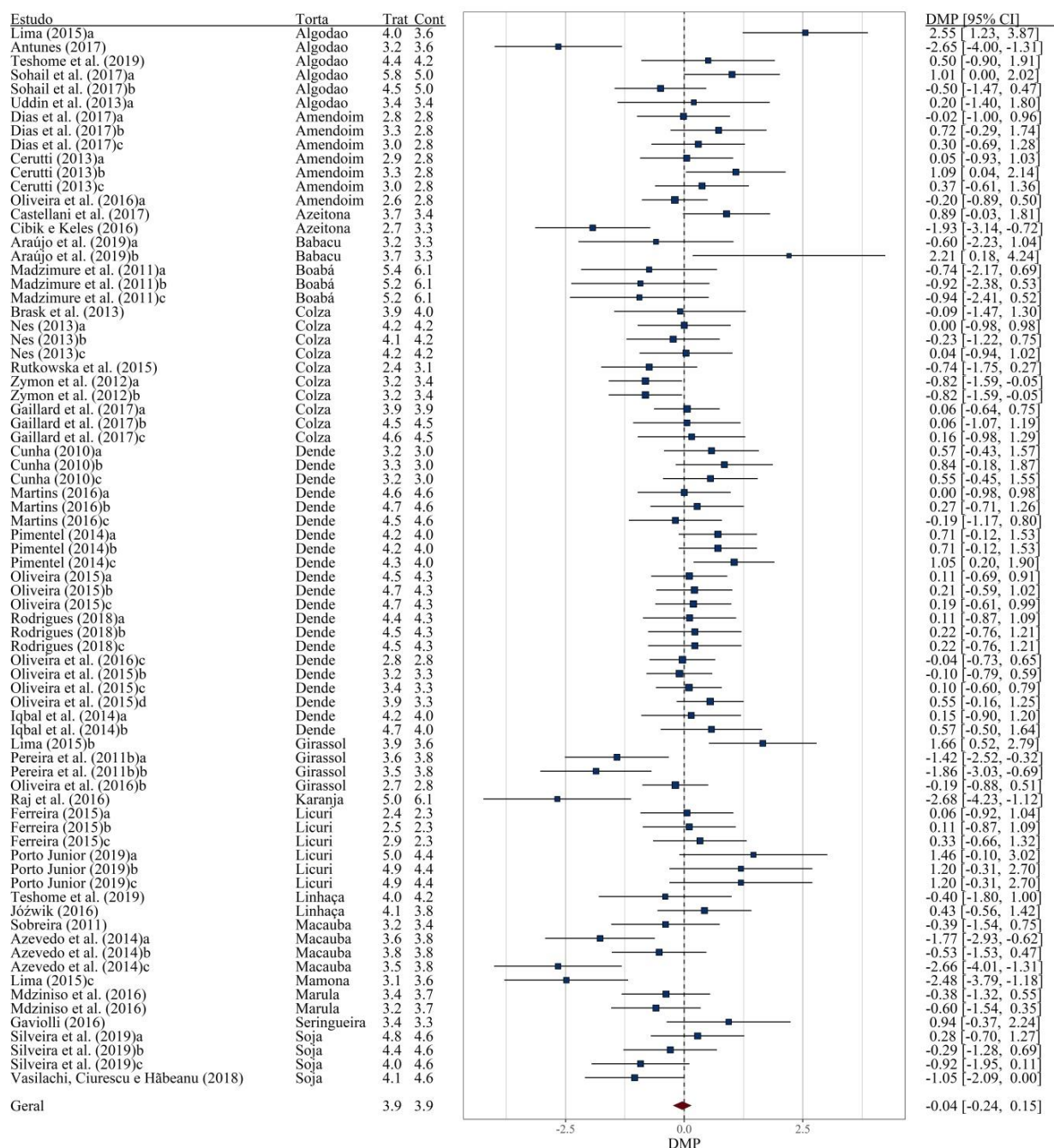


Figura S8. Gráfico de floresta do efeito da substituição parcial da dieta por tortas no teor de gordura (TeorGord, %).

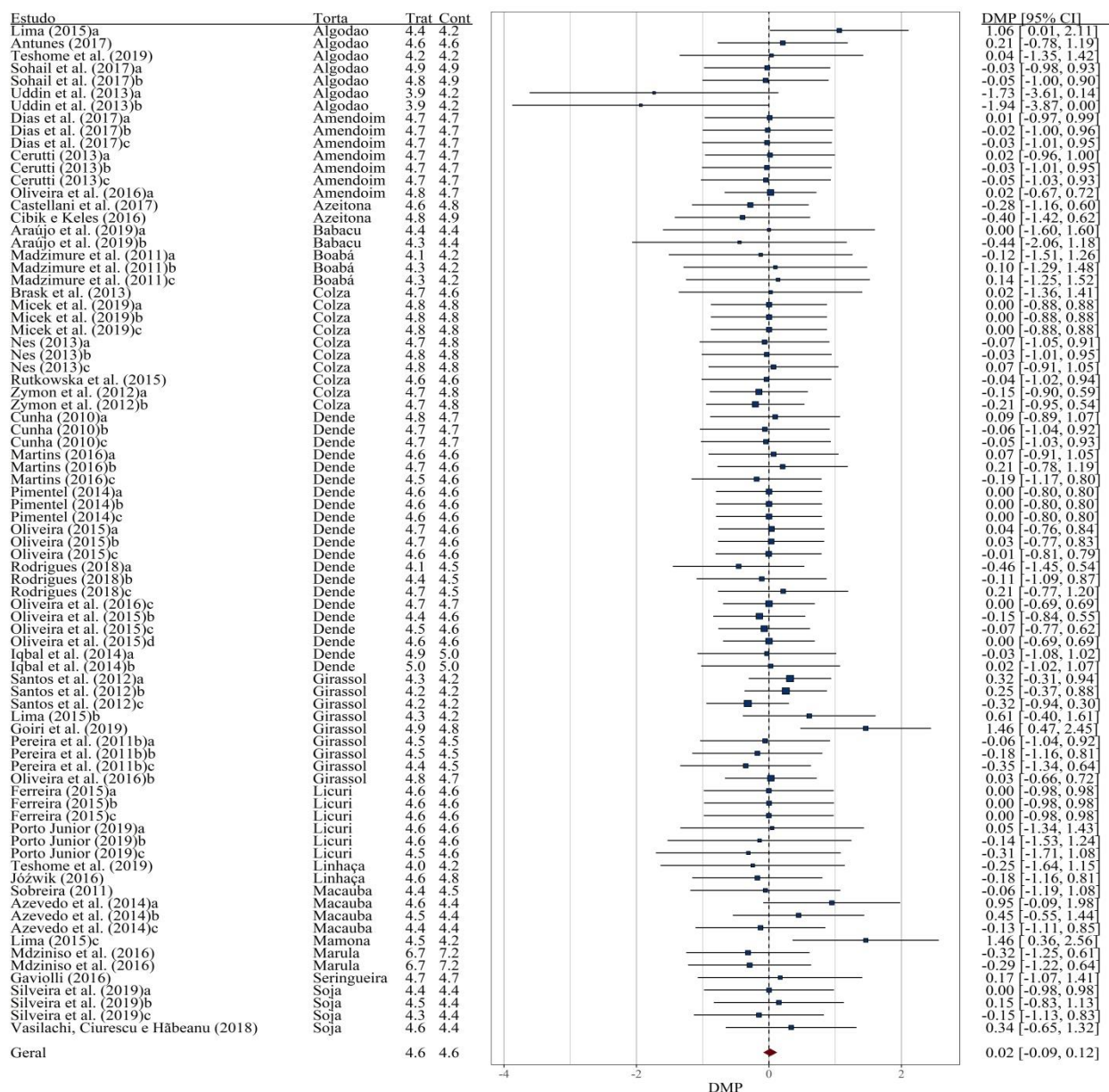


Figura S9. Gráfico de floresta do efeito da substituição parcial da dieta por tortas no teor de lactose (TeorLact, %).

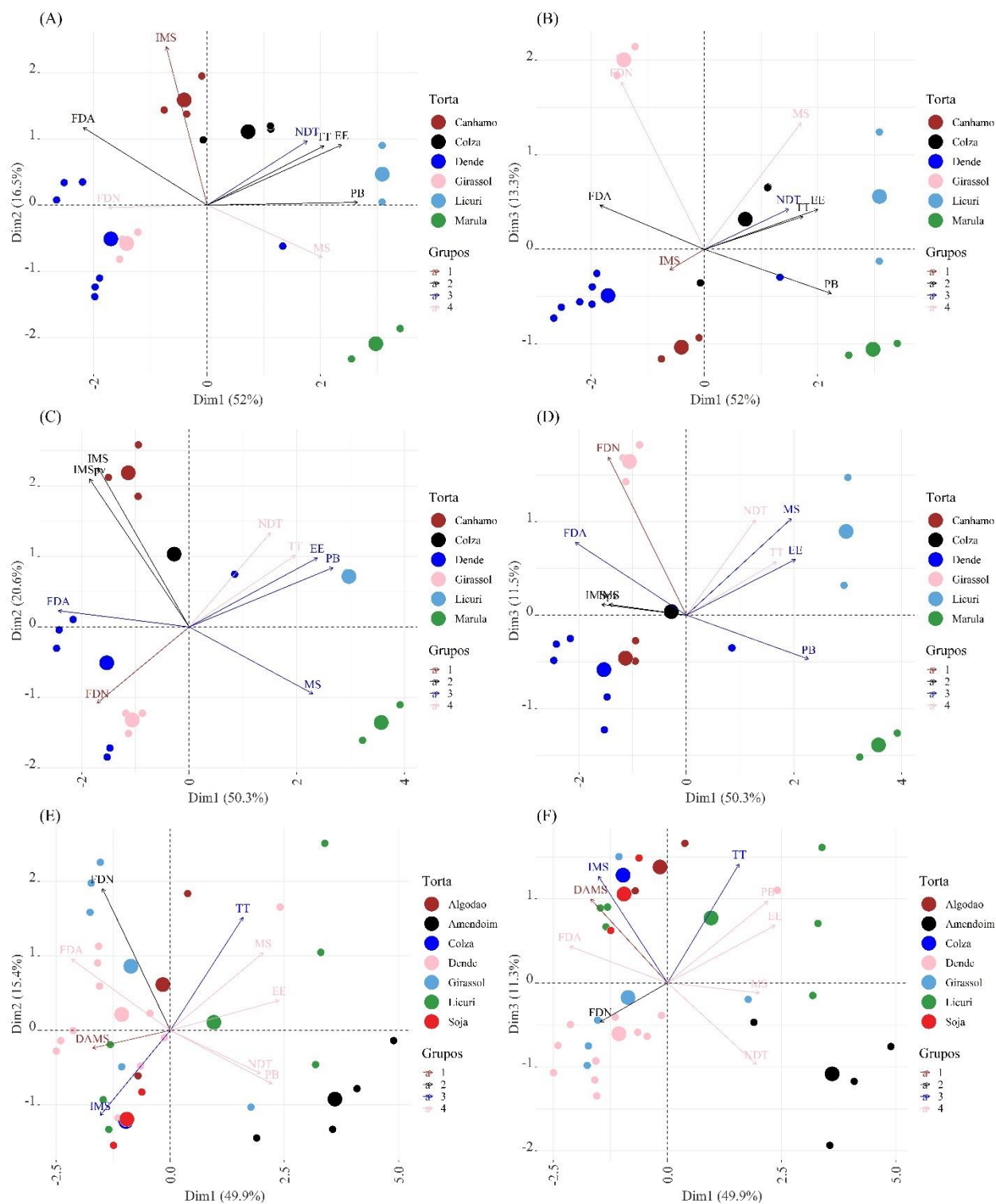


Figura S10. Análise de componentes principais das características químicas (FDN, FDA, PB, NDT, MS e EE) de dietas com a inserção de distintos tipos (círculos) e teores de tortas (TT) com a ingestão de matéria seca (IMS) (A e B), ingestão de matéria seca em função do peso vivo do animal (IMSpv) (C e D) e digestibilidade aparente da matéria seca (DAMS) (D e E).

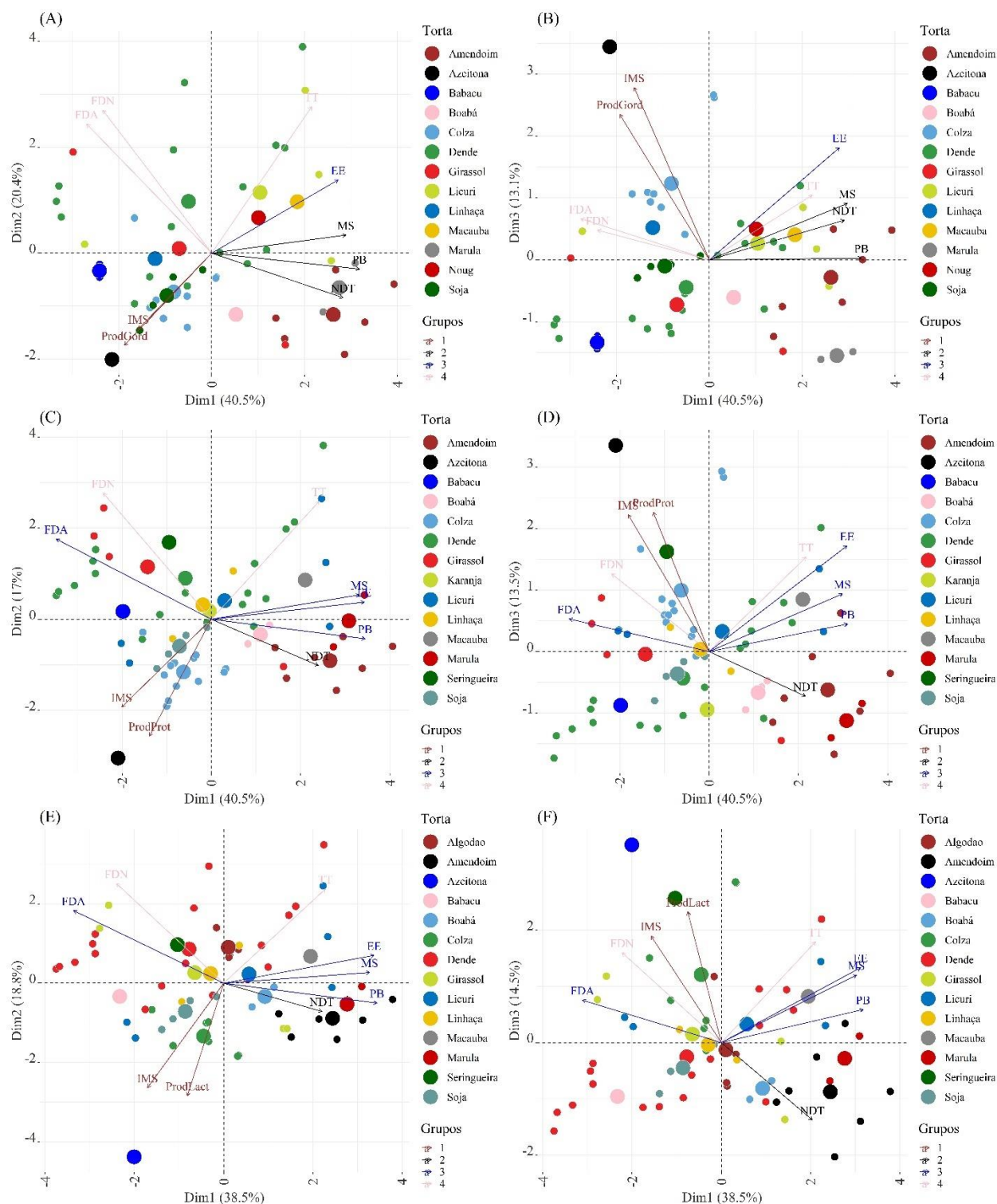


Figura S11. Análise de componentes principais das características químicas (FDN, FDA, PB, NDT, MS e EE) de dietas com a inserção de distintos tipos (círculos) e teores de tortas com as produções de gordura (ProdGord, A e B), proteína (ProdProt C e D) e lactose (ProdLact, E e F) do leite de vacas.

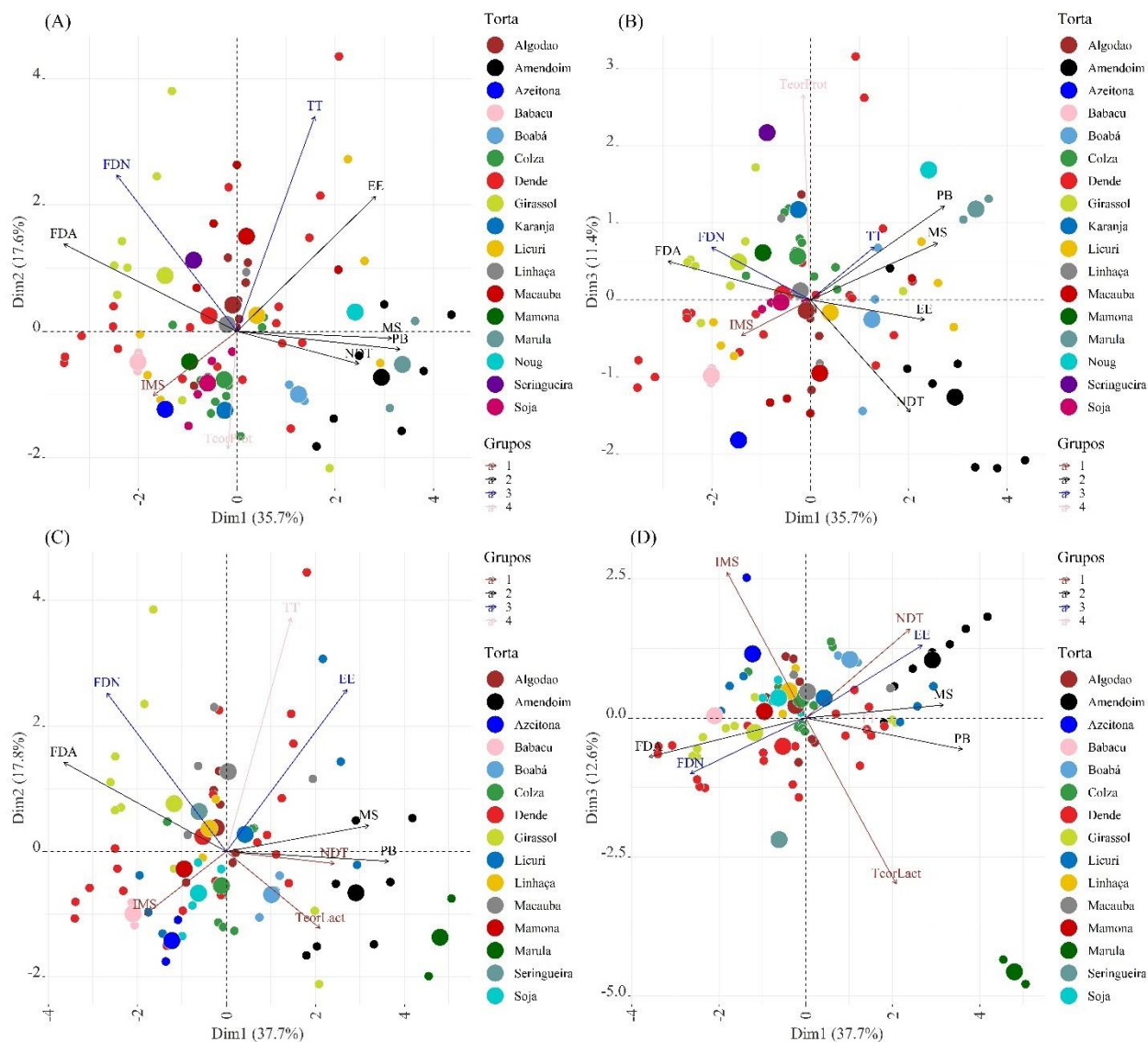


Figura S12. Análise de componentes principais das características químicas (FDN, FDA, PB, NDT, MS e EE) de dietas com a inserção de distintos tipos (círculos) e teores de tortas com os teores de proteína e lactose do leite de vacas (TeorProt e TeorLact).