

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

**NUTRIÇÃO DE VACAS DE CORTE PRENHES E SEUS EFEITOS
SOBRE O DESEMPENHO PRÉ E PÓS-NATAL DE SUAS PROGÊNIES –
UMA METANÁLISE**

DANIELE ZAGO

Zootecnista/UFSM

Mestre em Zootecnia/ UFRGS

Tese apresentada como um dos requisitos para obtenção do grau de Doutor
em Zootecnia

Área de concentração Produção Animal

Porto Alegre (RS), Brasil

Março de 2017

CIP - Catalogação na Publicação

Zago, Daniele

Nutrição de vacas de corte prenhes e seus efeitos sobre o desempenho pré e pós-natal de suas progênies - Uma metanálise / Daniele Zago. -- 2017. 202 f.

Orientador: Júlio Otávio Jardim Barcellos.

Coorientadora: Maria Eugênia Andrighetto Canozzi.

Tese (Doutorado) -- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Porto Alegre, BR-RS, 2017.

1. abate. 2. espessura de gordura. 3. marmoreio. 4. peso fetal. 5. programação fetal. I. Jardim Barcellos, Júlio Otávio, orient. II. Andrighetto Canozzi, Maria Eugênia, coorient. III. Título.

DANILE ZAGO
Zootecnista e Mestre em Zootecnia

TESE

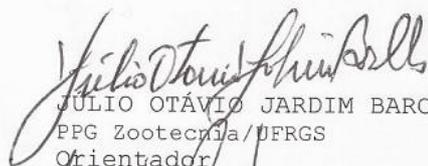
Submetida como parte dos requisitos
para obtenção do Grau de

DOUTORA EM ZOOTECNIA

Programa de Pós-Graduação em Zootecnia
Faculdade de Agronomia
Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Porto Alegre (RS), Brasil

Aprovada em: 21.03.2017
Pela Banca Examinadora

Homologado em: 19.04.2017
Por



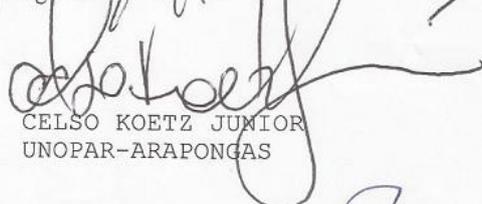
JULIO OTÁVIO JARDIM BARCELLOS
PPG Zootecnia/UFRGS
Orientador



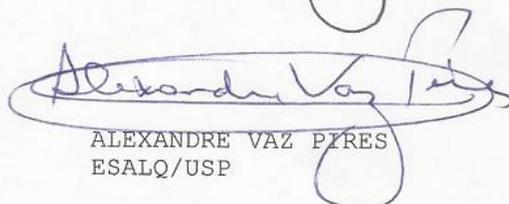
PAULO CÉSAR DE FACCIO CARVALHO
Coordenador do Programa de
Pós-Graduação em Zootecnia



MARCELO BERTOLINI
PPG Zootecnia/UFRGS



CELSO KOETZ JUNIOR
UNOPAR-ARAPONGAS



ALEXANDRE VAZ PIRES
ESALQ/USP



DARI CELESTINO ALVES FILHO
DZ/CCR/UFSM



CARLOS ALBERTO BISSANI
Diretor da Faculdade de Agronomia

AGRADECIMENTOS

Agradeço inicialmente aos meus pais, Clandio e Maria, modelos de coragem e força, por todo o incentivo e amor incondicional. Por me ensinarem a buscar meus objetivos incansavelmente, e acreditar que posso. Aos meus irmãos Guilherme e Bernardo, pelo apoio, ao me transmitir amor com alegria e leveza. Ao meu noivo Diego, pelo apoio, amor, incentivo e compreensão.

Agradeço ao professor Júlio Barcellos, por todas as oportunidades de crescimento profissional, por cada saber transmitido, pela dedicação, disponibilidade e confiança durante a execução deste trabalho.

Agradeço à Maria Eugênia, pela disponibilidade e apoio incansável na análise estatística e redação deste trabalho. Bem como ao Leonardo Canellas e Mayara Bitello, pela ajuda na revisão sistemática.

Aos colegas do Nespro, muito obrigada pela amizade, companheirismo e troca de conhecimentos. Fomos realmente uma família, e nossos momentos de convivência deixarão saudades!

Agradeço, à UFRGS, seu corpo docente e funcionários, por proporcionarem um ambiente de aprendizado de alta qualidade. Agradeço também ao CNPq pelo apoio financeiro que me permitiu a dedicação exclusiva a este trabalho.

NUTRIÇÃO DE VACAS DE CORTE PRENHES E SEUS EFEITOS SOBRE O DESEMPENHO PRÉ E PÓS-NATAL DE SUAS PROGÊNIES – UMA METANÁLISE¹

Autora: Daniele Zago

Orientador: Júlio Otávio Jardim Bacellos

Co-orientadora: Maria Eugênia Andrighetto Canozzi

Resumo: Este estudo avaliou o efeito dos níveis de energia (NDT) e proteína bruta (PB) consumidos por vacas de corte durante a gestação sobre o peso dos fetos aos quatro (PF4) e oito meses (PF8) e dos bezerros ao nascimento (PN); sobre o peso pós-natal aos 60 (PV60), 100 (PV100), 180 (PV180) e 205 (PV205) dias de vida; sobre o peso, a idade, o ganho médio diário (GMD), a área de olho de lombo (AOL), o marmoreio e a espessura de gordura (EG) ao abate. Foi conduzida uma revisão sistemática da literatura e uma metanálise (MA) a partir de duas bases de dados eletrônicas (Scopus e Web of Science). A MA para efeitos randomizados foi realizada para cada resultado com as médias do grupo controle e tratado, conduzida com os níveis de NDT e PB em relação às exigências das vacas (NRC, 1996). Foram avaliadas 46 publicações, correspondentes a 50 estudos, 135 ensaios e 9.379 animais. Não houve efeito do consumo de PB e NDT pelas vacas sobre o PF4. Quando as vacas consumiram PB e NDT em níveis iguais às suas exigências, no primeiro (1TRI) e segundo trimestre (2TRI) da gestação, houve redução no PF8 (DM= 2,236kg; P<0,001). O PN reduziu nos bezerros filhos de vacas que consumiram PB igual ou acima das suas exigências no terceiro trimestre da gestação (3TRI) (DM= -2,954kg; P<0,001 e DM= -0,453kg; P=0,045, respectivamente) ou 140% das exigências de NDT (DM= -2,709; P = 0,001). Quando o consumo de NDT foi igual à recomendação do NRC (1996), observou-se aumento de 2,029kg no PN dos bezerros (P<0,001). O PV60 foi inferior quando as vacas consumiram PB (DM= -1,923kg; P<0,001) e NDT (DM= -1,676kg; P<0,001) acima de suas exigências no 3TRI. O PV205 foi 3,122kg inferior (P<0,001) quando as vacas consumiram até 120% de NDT no 2TRI e 3TRI. Os novilhos cujas mães consumiram PB e NDT acima de suas demandas, no 3TRI, foram abatidos 5,5 dias antes (P= 0,015) que os demais. O GMD, o marmoreio e a EG foram superiores em vacas que consumiram NDT e PB acima das suas exigências no 3TRI (P<0,05). Em síntese, os níveis de PB e NDT, consumidos pelas vacas, acima das recomendações do NRC, estão negativamente relacionados com o desenvolvimento dos fetos e com o PN, sendo que esse efeito permanece até os 205 dias de idade. Por outro lado, na fase de terminação o excesso de PB e NDT passa a contribuir com o GMD, o marmoreio e a EG da carcaça das progênies.

Palavras-chave: abate, espessura de gordura, marmoreio, peso fetal, programação fetal, rebanho de cria

¹Tese de Doutorado em Zootecnia – Produção Animal, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil. (212 p.) Março, 2017.

NUTRITION OF PREGNANT BEEF COWS AND THEIR EFFECTS ON PERFORMANCE PRE AND POSTPARTUM OF YOUR PROGENIES - A METANALYSIS¹

Author: Daniele Zago

Adviser: Júlio Otávio Jardim Barcellos

Co-adviser: Maria Eugênia Andrighetto Canozzi

Abstract: This study evaluated the effect of total digestible nutrients (TDN) and crude protein (CP) levels, consumed by cows during gestation, on fetal and postnatal development and on carcass traits. We conducted a systematic review of the literature and a meta-analysis (MA) on two electronic databases (Scopus and Web of Science). Inclusion criteria were complete studies using pregnant beef cows receiving different diets that analysed fetus weight at four (FW4) and eight months (FW8), and birth weight of calves (BW); postnatal weight at 60 days (PW60), 100 days (PW100), 180 days (PW180) and 205 days (PW205) of life; and on weight, age, mean daily gain (ADG), loin eye area (LEA), marbling and fat thickness (FT) at slaughter. Random effect MA were conducted for each indicator separately with the mean of control and treated group. The analysis was conducted with the TDN and CP levels in relation to cows' requirements (NRC, 1996). We evaluated 46 publications, reporting 50 studies, 135 trials and 9,379 animals. The CP and TDN level consumed by pregnant cows showed no change on FW4. Cows that consumed CP and TDN in a level equal to their requirements, in the first (1TRI) and second trimester (2TRI) of gestation, showed a reduction in FW8 (DM= 2,236kg; P<0.001). The BW reduced in cows that consumed CP equal to or above their requirements in the third trimester of gestation (3TRI) (DM= -2.954kg, P<0.001 and DM= -0,453kg, P=0.045, respectively), or 140% of TDN requirements (DM= -2.709, P=0.001). The calves of cows that consumed TDN equal to NRC (1996) requirements, increased the BW in 2,029kg (P<0.001). The PW60 was lower when cows consumed CP (DM= -1.923kg; P<0.001) and TDN (DM= -1.676kg; P<0.001) above their requirements in the 3TRI. The PW205 was lower (DM= 3.12kg; P<0.001) when cows consumed 120% of TDN in the 2TRI and 3TRI. Steers whose mothers consumed CP and TDN above their requirements in the 3TRI were slaughtered 5.5 days earlier (P= 0.015) than the others. The ADG, marbling and FT were higher when cows consumed TDN and CP above the NRC (1996) requirements in the 3TRI (P<0.05). In summary, the CP and TDN levels, consumed by cows, above the NRC recommendations, are negatively associated to fetal development and birth calf weight, and this effect remains until 205 days of age. Alternatively, in the feeder phase, CP and TDN in excess contribute to average daily gain, marbling and fat thickness of the progeny.

Keywords: cow-calf herd, fat thickness, fetal programming, fetal weight, marbling, slaughter

¹ Doutoral thesis in Animal Science – Animal Production, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brazil. (212 p.) March, 2017.

SUMÁRIO

CAPÍTULO I	14
1. INTRODUÇÃO	15
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
2.1. Nutrição de vacas de corte e seus efeitos na progênie	17
2.2. Fisiologia da gestação das vacas	19
2.3. Formação do tecido muscular esquelético e tecido adiposo	21
2.4. Restrição nutricional e ganho compensatório em fetos	23
2.5. Programação fetal em bovinos	24
3. HIPÓTESE	29
4. OBJETIVOS	29
4.1 Objetivo geral	29
4.2 Objetivos específicos	29
5. METODOLOGIA GERAL	29
5.1 Revisão sistemática	30
5.1.1 Protocolo e pergunta de pesquisa	30
5.1.2 Estratégia de busca na literatura	30
5.1.3 Critérios de seleção dos estudos e triagem	31
5.1.4 Avaliação metodológica e processo de coleta de dados	31
5.1.5 Coleta e processamento dos dados	32
5.2 Avaliação da qualidade e do viés de publicação	33
5.2.1 Viés de seleção	33
5.2.2 Viés de performance	33
5.2.3 Viés de detecção	33
5.2.4 Viés de atrito	34
5.2.5 Viés de relato	34

5.3 Metanálise	34
5.4 Viés de publicação	35
5.5 Meta-regressão	35
5.6 Metanálise acumulativa e análise de sensibilidade	35
CAPÍTULO II	36
Nutrição de vacas de corte durante a gestação e seu efeito sobre o desenvolvimento fetal – uma metanálise	37
Introdução	39
Material e Métodos.....	41
Resultados	47
Discussão	68
Literatura Citada	75
CAPÍTULO III	94
Nutrição de vacas de corte durante a gestação e seus efeitos sobre o peso pós-natal e qualidade da carcaça de suas progênies – uma metanálise	95
Introdução	98
Material e Métodos	100
Resultados	107
Discussão	141
Referências	149

CAPÍTULO IV	167
1. CONSIDERAÇÕES FINAIS	168
2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	170
3. APÊNDICES	183
4. VITA	212

RELAÇÃO DE TABELAS

CAPÍTULO I

Tabela 1. Termos de busca para população, intervenção e resultado utilizados na revisão sistemática	30
--	----

CAPÍTULO II

Tabela 1. Termos de busca para população, intervenção e resultado utilizados na revisão sistemática	41
--	----

Tabela 2. Resumo descritivo de cada estudo relevante incluído nesta MA e meta-regressão (39)	49
---	----

Tabela 3. Características descritivas das 39 publicações relatando 56 estudos incluídos na MA	54
--	----

Tabela 4. Avaliação da qualidade metodológica do risco de viés (classificado como baixo, não claro e alto) nos 56 estudos incluídos na MA sobre peso dos fetos e peso ao nascimento dos bezerros	58
---	----

Tabela 5. Resultados da MA para PF8 conforme período da prenhez e consumo de PB e NDT pelas vacas prenhes	63
--	----

Tabela 6. Resultados da MA para PN conforme período da prenhez e consumo de PB e NDT pelas vacas prenhes	65
---	----

CAPÍTULO III

Tabela 1. Termos de busca para população, intervenção e resultado utilizados na revisão sistemática	100
--	-----

Tabela 2. Resumo descritivo de cada estudo relevante que foi incluído nesta metanálise e meta-regressão (25)	108
Tabela 3. Características descritivas das 25 publicações relatando 35 estudos incluídos na metanálise	113
Tabela 4. Avaliação da qualidade metodológica do risco de viés (classificado como baixo, não claro e alto) dos 25 publicações, incluídas nesta metanálise, sobre peso corporal aos 60 (PV60), 100 (PV100), 180 (PV180) e 205 dias (PV205) de vida, idade, peso e ganho médio diário (GMD) ao abate, área de olho de lombo (AOL), marmoreio e espessura de gordura (EG) ao abate	118
Tabela 5. Resultados da metanálise para período da gestação e consumo de PB e NDT pelas vacas prenhes para peso pós-natal dos bezerros	124
Tabela 6. Resultados da metanálise para período da gestação e consumo de PB e NDT pelas vacas prenhes para idade, peso e GMD ao abate	129
Tabela 7. Resultados da metanálise para período da gestação e consumo de PB e NDT pelas vacas prenhes para AOL, marmoreio e EG ao abate de suas progênes	135
Tabela 8. Alterações na DM das variáveis PV60, PV100, PV180, PV205 e AOL e marmoreio ao abate com a remoção de estudos.....	140

RELAÇÃO DE FIGURAS

CAPÍTULO I.....	14
Figura 1. Demanda de energia líquida de vacas de corte prenhes (adaptado do NRC, 1996)	18
CAPÍTULO II	36
Figura 1. Gráfico “funil” obtido com o teste de Duval e Tweedie, "trim e fill", para modelo de efeitos aleatórios que mensura a diferença média para peso ao nascimento dos bezerros. Os círculos representam a estimativa pontual original para cada estudo (DM) e os círculos envolvidos em um quadrado representam os estudos adicionados pelo programa (n=17) para criar um gráfico simétrico.....	67
CAPÍTULO III	94
Figura 1. Gráfico “funil” obtido com teste de Duval e Tweedie, "trim e fill", para modelo de efeitos aleatórios que mede o padrão de diferença média para marmoreio ao abate. Os círculos representam a estimativa pontual original para cada estudo (DM) e os círculos envolvidos em um quadrado representam os estudos que o programa imputou (n=9) para criar um gráfico simétrico.....	139

RELAÇÃO DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

DM Diferença entre médias

GMD Ganho médio diário

Kg Quilograma

I² Heterogeneidade entre estudos

MA Metanálise

NDT Nutrientes digestíveis totais

PB Proteína bruta

PF4 Peso dos fetos aos quatro meses

PF8 Peso dos fetos aos oito meses

PN Peso dos bezerros ao nascimento

RS Revisão sistemática

1TRI Primeiro trimestre da gestação

2TRI Segundo trimestre da gestação

3TRI Terceiro trimestre da gestação

CAPÍTULO

1. INTRODUÇÃO

A pesquisa em rebanhos de cria historicamente tem como foco principal as questões reprodutivas, preocupação relevante quando se observa que nos sistemas de produção de bovinos de corte essa etapa apresenta os menores índices produtivos. Por exemplo, a taxa de natalidade estimada para as vacas de corte brasileiras é de 68% (Anualpec, 2014). Nos sistemas extensivos, é comum que os alimentos de melhor qualidade sejam destinados às categorias com melhor eficiência alimentar, como animais em recria e engorda, sendo as vacas, mantidas geralmente em pastagens que podem não atender seus requerimentos nutricionais (Jolly et al., 1995; Samadi et al., 2013).

Em contraste a isso, o efeito da nutrição sobre os parâmetros reprodutivos das fêmeas são conhecidos e consolidados. Sabe-se que o baixo nível energético disponível durante a gestação reduz o peso e condição corporal da vaca ao parto (Corah et al., 1974; Richards et al., 1986), provoca falhas nos mecanismos de produção e liberação de gonadotrofinas pela hipófise e reduz a sensibilidade dos ovários a estes hormônios (Wiltbank et al., 1962), aumentando o intervalo parto-concepção (Wiltbank et al., 1962; Wiltbank et al., 1964). Porém, a restrição energética pré-parto pode trazer implicações, não somente de natureza reprodutiva, mas sobre o futuro produto (Corah et al., 1975). Pesquisas recentes têm demonstrado que a manipulação da nutrição da vaca gestante é evidente na vida pós-natal do bezerro (Stalker et al., 2006; Du et al., 2010, Moisé et al., 2015, Moriel et al., 2016), o que tem sido denominado de programação fetal.

Como a maioria das fibras musculares é formada durante o estágio fetal, o desenvolvimento muscular neste período é vulnerável a várias perturbações ambientais, inclusive a deficiência de nutrientes (Zhu et al., 2004), o que faz com que o feto seja incapaz de expressar completamente o seu potencial genético para o crescimento (Funston & Summers, 2013). Bezerros gerados por vacas que sofreram restrição nutricional durante a gestação apresentam menor peso ao nascimento do que os gerados por vacas nutridas adequadamente (Bellows et al., 1971), o que os torna menos viáveis e faz com que se ajustem mais lentamente ao ambiente extrauterino (Cundiff et al., 1986). Por outro lado, bezerros gerados por vacas mantidas em pasto com alta qualidade nutricional, a partir dos 140 dias de prenhez, apresentam maior número de pré-adipócitos e gordura corporal durante a vida adulta do que os filhos de vacas mantidas em pasto nativo de baixa qualidade (Underwood et al., 2008).

O conceito de programação fetal adquire ainda maior relevância quando se observa que um indivíduo passa por mais etapas do seu desenvolvimento na vida uterina do que irá passar após o nascimento (Hess, 2008). A formação do músculo esquelético e as células de gordura são iniciadas nos primeiros 60 dias de gestação (Cossu & Borello, 1999). Após o parto, o crescimento do tecido muscular e adiposo se dá somente por aumento no tamanho das fibras e das células de gordura, sem formação de novas células (Stickland, 1978; Karunaratne et al., 2005). Assim, a subnutrição materna durante a fase inicial e média da gestação pode reduzir o número de fibras musculares no feto, e durante o terço final, compromete a hipertrofia das fibras musculares e a formação dos adipócitos (Du et al., 2010), comprometendo o desenvolvimento corporal pré e pós-natal e a qualidade da carcaça e da carne (Mohrhauser et al., 2015; Summers et al., 2015).

A eficiência da produção de rebanhos de cria é medida através do número e peso dos bezerros desmamados (Dickerson, 1970; Wiltbank, 1994). Neste sentido, a nutrição da vaca prenhe é uma importante ferramenta para aumentar a eficiência e produtividade das matrizes, dos bezerros em longo prazo e a qualidade das carcaças e da carne. Porém, ainda não há uma definição do momento adequado da gestação, do tipo, e da quantidade de nutrientes a serem fornecidos, para tornar as vacas gestantes capazes de produzir bezerros com maior capacidade de sobrevivência e com melhor desempenho pós-natal. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos dos níveis de energia e proteína fornecidos para vacas de corte prenhes e sua relação com o desempenho pré e pós-natal dos bezerros, bem como, nas características das carcaças das progênies.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Nutrição de vacas de corte e efeitos na progênie

O nível de energia pré e pós-parto afeta a reprodução de vacas de corte (Wiltbank et al., 1962, Wiltbank et al., 1964, Corah et al., 1974, Richards et al., 1986). Quando a dieta não atende a demanda energética o eixo hipotalâmico-hipofisário é comprometido, reduzindo a produção e liberação das gonadotrofinas (Wiltbank et al., 1962). Vacas mal nutridas apresentam baixo peso e condição corporal ao parto, têm baixa concentração do hormônio luteinizante circulante e possuem menores chances de repetir prenhez (Randel, 1990). A restrição nutricional pode também reduzir a sensibilidade dos ovários aos hormônios reprodutivos (Wiltbank et al., 1962). Por outro lado, vacas que chegam ao parto com condição corporal elevada, entre 8 e 9, em escala de 1 a 9, podem apresentar baixa taxa de ovulação, falhas na concepção, bem como, problemas de distocia (Eversole et al., 2000).

Quando as vacas recebem 50% de sua demanda energética no pré-parto, um nível elevado de energia no pós-parto, próximo a 150% da demanda energética, pode corrigir as falhas de fertilidade. Porém, o fornecimento de energia no pré-parto parece ser mais importante do ponto de vista reprodutivo (Wiltbank et al., 1962) do que no pós-parto. Após o parto há uma elevação abrupta na demanda de energia das vacas que é utilizada para a produção de colostro (NRC, 1996), (Figura 1), já no pré-parto, se a energia consumida for superior à demanda, esta pode ser estocada como gordura corporal para ser utilizada em um eventual momento de restrição alimentar. Nas vacas que chegam ao parto com boa condição corporal, igual ou superior a cinco, em escala de 1 a 9 (Herd & Sprott, 1986), a dieta pós-parto exerce pouca influência sobre a manifestação de estro após o parto. Esta apresenta maior influência sobre a produção de leite da vaca e em consequência, no peso ao desmame dos bezerros (Richards et al., 1986), do que sobre aspectos reprodutivos.

Entretanto, a nutrição de vacas de corte e a sua relação com questões reprodutivas já foram amplamente estudados e seus efeitos são conhecidos (Wiltbank et al., 1962; Wiltbank et al., 1964; Corah et al., 1974; Richards et al., 1986; Randel, 1991). Sabe-se que a nutrição de fêmeas gestantes é importante também para o desenvolvimento do feto (Corah et al., 1975) até a sua vida pós-natal, podendo-se, de certa forma, programar o desempenho do bezerro. O baixo peso da vaca durante a gestação está associado a baixo peso ao nascimento do bezerro (Bellows et al., 1971). Porém, não se tem ainda uma definição, do tipo de nutriente, quantidade e fase da gestação que a nutrição da fêmea é mais determinante no desempenho da progênie.

A programação fetal tem efeitos não somente sobre o ganho de peso dos animais, mas também sobre a qualidade da carcaça, já que as fibras musculares e adipócitos entremeados ao músculo são formadas (hiperplasia) no primeiro e segundo trimestres da gestação (Tong et al., 2009) e após o nascimento não há mais formação de novas células, apenas crescimento das já existentes (Du et al., 2010). O crescimento do feto depende do seu potencial genético de crescimento e esse potencial gera uma demanda energética que é afetada pela disponibilidade ou restrição imposta pela condição nutricional da vaca gestante (Gluckman & Liggins, 1984; Ferrell, 1989). Há uma grande variação da demanda energética das vacas de corte adultas (Figura 1).

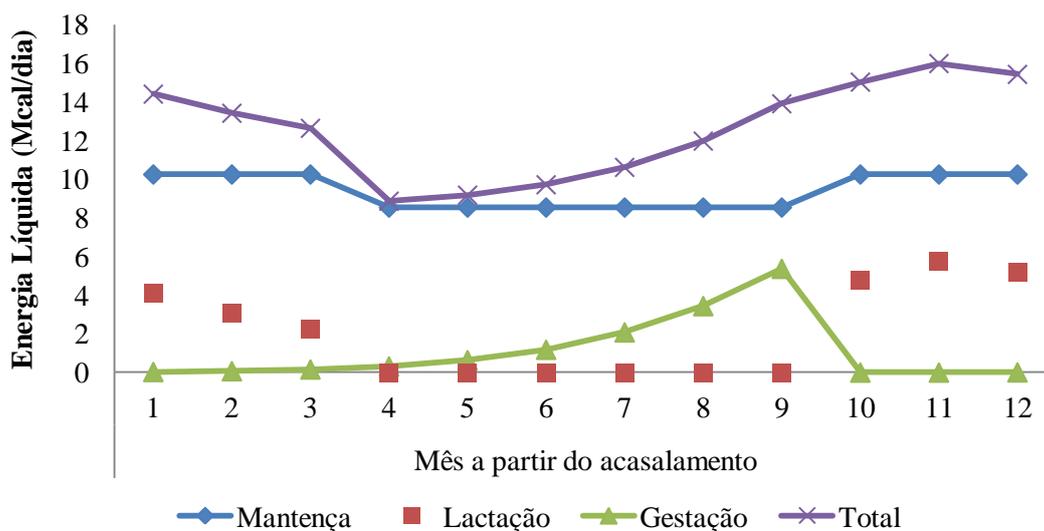


FIGURA 1- Demanda de energia líquida de vacas de corte prenhes (adaptado do NRC, 1996).

O requerimento energético para gestação no primeiro trimestre representa somente 0,6% da energia total demandada pela vaca nesse período, 75% se destina à manutenção e 23% a produção de leite para o bezerro gerado na gestação anterior. Em bovinos, nessa fase, a energia para gestação é utilizada basicamente para formação da placenta e dos seus fluidos (Ferrell et al., 1976) e das primeiras fibras musculares (Sibbald & Davidson, 1998; Gagnieri et al., 1999). O metabolismo oxidativo do útero-placenta é intenso durante toda a gestação, devido às numerosas funções metabólicas (NRC, 1996), que incluem trocas gasosas e metabólicas, calor, água e gases respiratórios, bem como a síntese e secreção de hormônios (Peter, 2013).

No segundo trimestre, devido a desmama do bezerro da gestação anterior, há uma queda na demanda energética total da vaca. A partir do quarto mês de gestação esse valor se eleva gradativamente, chegando a 30% do total no nono mês, o que corresponde a 13 Mcal/dia. Esta elevação se dá pela maior taxa de crescimento corporal do feto no trimestre final da gestação, quando ocorre também a hipertrofia das células musculares, consumindo elevada quantidade de energia (Du et al., 2010). Do aumento total do gasto energético associado à prenhez, a metade pode ser atribuída ao metabolismo dos tecidos do útero grávido e cerca de um quarto pode ser atribuído ao feto por si (Ferrell & Reynolds, 1987). Porém, não há definição se um nível nutricional acima do recomendado, ou se algum nível de restrição pode beneficiar o desenvolvimento do bezerro na fase fetal e pós-natal.

As vacas que ficam prenhes jovens não devem apenas consumir energia para o crescimento fetal, mas também para suas próprias necessidades de crescimento (Funston & Summers, 2013). Caton et al., (2010) relataram que as novilhas primíparas necessitam de 1,46 Mcal por dia de energia líquida adicional, durante o último trimestre de gestação, em comparação com vacas maduras.

Após o parto a demanda de energia da vaca é elevada rapidamente, em função da produção de colostro, que consome cerca de 30% da energia ingerida

(NRC, 1996). Se o consumo diário de energia não atender aos requerimentos, será necessária a mobilização de reservas corporais que além da produção de leite é necessária para a involução uterina e ovulação (Wiltbank et al., 1964). Assim, observa-se a importância da nutrição pré-parto no ganho de peso e acúmulo de reservas corporais nas vacas de corte.

2.2 Fisiologia da gestação das vacas

A fecundação, estabelecimento e manutenção da gestação são eventos importantes para os mamíferos e zootecnicamente cruciais para a produção de proteína de origem animal (Atkins et al., 2013). Os eventos que ocorrem durante o desenvolvimento intrauterino, para fins didáticos, são comumente divididos em dois períodos, o embrionário, quando a maioria dos sistemas é formada, e o fetal, que consiste no crescimento e maturação dos órgãos (Hyttel et al., 2012).

Após a fertilização, entre o 2º e 3º dia, no período embrionário, após iniciadas as divisões celulares mitóticas, denominadas clivagem, o embrião encontra-se no estágio de blastocisto e não apresenta nenhuma comunicação com o ambiente uterino. Contudo estas multiplicações celulares progridem até a fase de alongação, onde o conceito se torna dependente de substâncias uterinas para o seu desenvolvimento e crescimento, iniciando assim, as primeiras comunicações entre o conceito e a mãe (Ostrup et al., 2011; Lonergan et al., 2013). O blastocisto é revestido externamente por uma camada de células denominada trofoblasto, que concomitantemente com sua alongação produzem e liberam a proteína interferon-tau, que inibe os pulsos de prostaglandina (PGF2 α) pelo epitélio luminal do endométrio, o que impede a atuação luteolítica da PGF2 α mantendo a produção de progesterona (P4) pelo corpo lúteo, importante para a manutenção da gestação (Hyttel & Vejlsted, 2012).

O processo de clivagem progride até o blastômero formar um agregado de células denominado mórula, essas células aderem-se umas às outras formando um agregado firme denominado mórula compacta, esse processo é conhecido como compactação. As células externas formam o trofotodema e no seu interior, com o início da fase de blastulação, há o acúmulo de líquido, denominado blastocele. O trofotoderma dará origem à placenta, enquanto a massa celular interna (MCI) originará o embrião. A MCI, já por volta dos 14 dias de gestação, forma o disco embrionário, que na fase subsequente, a gastrulação, forma os três folhetos germinativos, ectoderme, endoderme e mesoderme e as células germinativas primordiais, as progenitoras das células de linhagem germinativa. A porção do trofotoderma localizada ao redor do disco embrionário, juntamente com o mesoderma extraembrionário subjacente dão origem à cavidade amniótica. Após a gastrulação os três folhetos germinativos diferenciam-se em diversos tipos celulares e determinam a formação do arcabouço da maioria dos sistemas orgânicos, definindo o final do período embrionário (Hyttel et al., 2012).

O âmnio é uma das primeiras membranas fetais a ser formada (13º e 16º dias após a fertilização), e surge como uma invaginação da vesícula ectodérmica torna-se um saco de parede dupla que contorna todo o feto/embrião, exceto no anel umbilical. O alantóide surge 14 a 25 dias após a fertilização como uma protuberância do intestino embrionário posterior. A parte externa funde-se com o trofoblasto coriônico para formar o alantocórion, que é uma estrutura altamente vascularizada e está envolvida na formação da placenta. A parte interna recobre o âmnio. O âmnio,

por sua vez, recobre o fluido amniótico, que protege o feto/embrião de injúrias mecânicas, infecções e funciona como um veículo de excreção, no final da gestação torna-se viscoso, atuando como um lubrificante para a expulsão do bezerro (Noakes, 1990).

O período embrionário é seguido pelo período fetal, quando ocorre basicamente o crescimento dos sistemas corpóreos, e se estende até o nascimento (Hyttel et al., 2012). Durante a fase de crescimento a placenta exerce fundamental importância no desenvolvimento do feto (Dukes, 2006). A placenta da vaca é denominada cotiledonária, porque as vilosidades coriônicas ficam restritas a áreas ovais do alantocóron, os cotilédones. Estes se desenvolvem em áreas específicas do endométrio, as carúnculas. Além de seu papel provedor de nutrientes e oxigênio para o metabolismo embrionário, a placenta funciona como um órgão endócrino. Uma das funções endócrinas mais importantes é a produção de P4 (Klein, 2015), esta é sintetizada pelo corpo lúteo e pela unidade feto-placentária. Após cerca de 150 dias da concepção o corpo lúteo não é mais necessário para a manutenção da gestação da vaca, pois não é mais a principal fonte desse hormônio. A importância da P4 é vital à manutenção da gestação, sobretudo, em virtude de sua capacidade de inibir as contrações uterinas, mediar a contratilidade da cérvix, aumentar a secreção das glândulas uterinas (Dukes, 2006) e estimular alterações no endométrio, que conduzem para a nutrição e desenvolvimento do embrião (Noakes, 1990). Além da P4, a placenta também secreta estrogênio, cuja concentração está associada com a preparação para o parto, aumento das proteínas contráteis do útero e mediação da rede vascular uterina (Dukes, 2006).

As trocas placentárias entre mãe e feto, podem ser classificadas como: difusão rápida (água, eletrólitos e gases respiratórios), difusão lenta (hormônios), sistema de transporte ativo (aminoácidos e algumas vitaminas hidrossolúveis) e difusão facilitada (açúcares) (Hyttel et al., 2012). A energia é fornecida ao feto em forma de glicose e aminoácidos, bem como, vitaminas hidrossolúveis (complexo B e vitamina K) e esteroides, que atravessam a placenta através do sistema de transporte ativo via vaso sanguíneo umbilical, por onde é transportado também oxigênio da placenta, via difusão rápida (Hyttel et al., 2012). As proteínas e vitaminas lipossolúveis são sintetizadas pelo feto (Dukes, 2006).

O feto é responsável pelo início do parto, ele desencadeia uma complexa cascata de alterações endócrinas. À medida que o feto atinge a maturidade, o hipotálamo fetal é estimulado, ou torna-se capaz de responder a estímulos que aceleram a liberação de ACTH da hipófise fetal e subsequente corticoides da adrenal fetal. O aumento dos corticoides resulta numa diminuição na produção de progesterona pela placenta, o que leva a um amolecimento ou amadurecimento da cerviz. Os estrógenos produzidos pela placenta estimulam a síntese e liberação de PGF₂α. A PGF₂α estimula a lise do corpo lúteo da gestação e estimula as contrações do miométrio que iniciam a dilatação da cervical. As contrações uterinas forçam o feto e as membranas fetais adjacentes contra a cérvix e vagina anterior, estimulando assim, receptores sensitivos e, em consequência, ocorre a liberação reflexa de ocitocina. A ocitocina estimula o miométrio, preparado pelo estrógeno, a contrair causando posterior dilatação cervical e expulsão do feto (Noakes, 1990).

2.3 Formação do tecido muscular esquelético e tecido adiposo

A nutrição da vaca prenhe tem importância sobre o desenvolvimento do feto desde os primeiros dias a partir da fecundação (Velazquez, 2015). A função útero-placenta e a circulação fetal são dois dos primeiros eventos de desenvolvimento embrionário bovino (Petter, 2013) e este processo permite o transporte de oxigênio e nutrientes entre mãe e feto (Ferrell, 1991; Reynolds & Redmer, 1995; Reynolds & Redmer, 2001). Da mesma forma, o crescimento da placenta é mais intenso durante os primeiros dois terços da gestação (Reynolds et al., 1990). Durante esta fase, a restrição da ingestão de nutrientes pelas vacas altera a vascularização e função da placenta comprometendo o desenvolvimento do feto durante toda a gestação (Vonnahme et al., 2004a; Vonnahme et al., 2004b). Zhu et al., (2007) relataram que a restrição de nutrientes de vacas de corte dos dias 30 a 125 de gestação resultou em peso caruncular e cotilodonaes inferiores aos de vacas controle, assim como o peso fetal (Funston & Summers, 2013).

Na produção de bovinos de corte, o principal tecido de interesse comercial é o muscular, seguido do tecido adiposo. Suas formações iniciam aproximadamente nos primeiros 47 dias de vida intrauterina (Greenwood et al., 2010). No início da gestação, com a evolução do blastocisto, o trofoblasto e o botão embrionário são originados, que por sua vez, dão origem ao ectoderma, mesoderma e endoderma. O ectoderma é responsável pela formação da epiderme, pêlos, cascos e sistema nervoso. O endoderma forma as glândulas, fígado, e revestimento interno do sistema digestivo. O mesoderma dá origem ao tecido muscular, sistema circulatório e tecido conjuntivo (Hyttel et al., 2012). As células musculares e adiposas surgem de um mesmo tipo de célula precursora (células-tronco ou mesenquimais), elas são diferenciadas a partir da ativação de genes específicos que induzem alterações morfológicas próprias de cada tipo de célula (Du et al., 2010).

Quanto à proliferação, uma variedade de fatores regula a diferenciação, dentre eles, alguns hormônios (por exemplo, insulina e hormônios da tireoide) e fatores de crescimento (por exemplo, Fator β e fatores de crescimento semelhantes a insulina I e II – IGF I e IGF II) e ainda alguns nutrientes (por exemplo, vitamina A), que atuam auxiliando na ligação de receptores hormonais (Greenwood et al., 2010). A adipogênese, por sua vez, é regulada por fatores de transcrição, dentre eles, o C/EBP (Enhancer binding protein) e o PPAR γ (Peroxisome proliferator-activated receptor γ) (Yang et al., 2013). A transcrição das células mesenquimais em adipócitos em bovinos tem início no segundo trimestre da gestação, concomitantemente com a miogênese secundária (Muhlhausler et al., 2007; Du et al., 2010).

No primeiro trimestre da gestação um número muito limitado de fibras musculares é formado (fase miogênica). Portanto, a nutrição materna neste período tem pouco efeito no desenvolvimento do músculo esquelético de ruminantes (Du et al., 2010). Por outro lado, em ovinos, uma eventual redução na formação do número de fibras musculares durante esta fase tem efeitos fisiológicos negativos irreversíveis para a progênie (Zhu et al., 2006). A formação do tecido muscular sobrepõe-se parcialmente à formação de adipócitos intramusculares e fibroblastos. Juntos, esses três tipos de célula - miócitos, adipócitos e fibroblastos - produzem a estrutura básica do músculo esquelético e são derivadas do mesmo pool de células-tronco, definindo os mecanismos mesenquimais, que regulam a diferenciação celular no músculo fetal, crucial para melhorar a eficiência da produção animal (Charge &

Rudiniki, 2004; Du et al., 2010; Du et al., 2015). O desenvolvimento muscular pós-natal se deve ao aumento no tamanho da fibra muscular (hipertrofia). Uma população de células miogênicas comprometidas (células satélites) prolifera-se e se funde com as fibras já existentes, que aumentam o conteúdo de DNA e a capacidade de síntese proteica resultando em hipertrofia de fibras musculares (Rehfeldt et al., 2011).

No entanto, aproximadamente aos quatro meses de gestação, pequenas porções de células do músculo esquelético fetal diferenciam-se em adipócitos (Bonnet et al., 2010), formando os espaços para a acumulação de gordura intramuscular que produzem o marmoreio na vida pós-natal (Muhlhausler et al., 2007). O proliferador de peroxissoma ativado-receptor- γ (PPARG) é um factor de transcrição indispensável para a diferenciação de adipócitos, que resulta na acumulação de lípidos e na maturação dos adipócitos (Du et al., 2013).

Semelhante à miogênese, a adipogênese pode ser dividida em hiperplasia de pré-adipócitos e hipertrofia de adipócitos, que ocorre por acúmulo de triacilglicerídeos no trimestre final da gestação e durante toda a vida pós-natal (Du et al., 2013). Embora a hiperplasia dos adipócitos possa ocorrer durante o crescimento pós-natal, o período fetal é o principal estágio para a geração de adipócitos intramusculares, e assim, para o potencial de acumulação de gordura intramuscular durante a vida pós-natal (Tong et al., 2008; Lawrence et al., 2012). Em ruminantes, a ordem dos primeiros depósitos de gordura é: visceral, subcutânea, intermuscular e intramuscular (Taga et al., 2011). A quantidade de gordura intramuscular é um fator de valorização da carne e é determinada pelo número e tamanho de adipócitos intramusculares (Tong et al., 2009), mas à medida que o animal se aproxima da maturidade, as taxas de hiperplasia de tecido adiposo declinam e o acúmulo de massa adiposa se dá somente por hipertrofia das células adiposas (Lawrence et al., 2012).

No desenvolvimento fetal a partição dos nutrientes, representa um importante evento biológico, pois o desenvolvimento do músculo esquelético tem menor prioridade quando comparado com os órgãos, tais como o cérebro, coração e fígado (Zhu et al., 2006, Du et al., 2015). Como resultado, o desenvolvimento do músculo esquelético é particularmente vulnerável à disponibilidade nutricional. Sendo assim, restrições de nutrientes do início ao meio da gestação resultam na redução das fibras musculares esqueléticas do feto (Wu et al., 2006; Zhu et al., 2006). Favorecer a formação de tecido muscular no período fetal é fundamental, porque não existe aumento no número de fibras musculares após o nascimento (Greenwood et al., 2000; Nissen et al., 2003; Bee, 2004). Sabe-se que os principais fatores que influenciam a partição de nutrientes entre a mãe e o feto incluem idade da vaca, número de fetos, a demanda de produção e o stress ambiental, onde inclui-se a ingestão de nutrientes. Estes fatores desempenham um papel crítico na preparação do feto para o ambiente extrauterino (Cundiff et al., 1986; Reynolds et al., 2010; Funston & Summers, 2013).

Os estudos atuais têm explicado que a nutrição da vaca prenhe tem a capacidade de controlar a expressão dos genes relacionados à produção e qualidade da carcaça e da carne bovina (Duarte et al., 2014; Moisés et al., 2016; Wilson et al., 2016b). Vacas supernutridas produzem fetos com maior número de células adiposas do que vacas subnutridas (Duarte et al., 2014). Isso ocorre porque as características morfológicas e funcionais dos mamíferos se desenvolvem de

acordo com o genoma individual, mas este pode ser influenciado pelo ambiente (Reynolds et al., 2010). A essas alterações se dá o nome de epigenética, elas ocorrem no feto por modificação de uma histona que reduz a metilação do DNA, e aumenta, por exemplo, a presença de Zfp423 (RNAm marcador adipogênico), reforçando a adipogênese de células progenitoras. Essa modificação fica transcrita nas células dos fetos (Yang et al., 2013) que serão capazes de passar adiante essa característica para suas progênes. O resultado da maior adipogênese no feto se reflete na qualidade da carcaça na fase de terminação e na quantidade de gordura de marmoreio, visto que, o tecido adiposo é fundamental para o sabor e suculência da carne (Du et al., 2015), característica de grande apreciação comercial.

2.4 Restrição nutricional e ganho compensatório em fetos

A restrição do crescimento fetal devido à subnutrição materna tem sido relatada na literatura como um problema para a produção de ruminantes (Wu et al., 2006; Du et al., 2010), uma vez que alguns cenários de restrição nutricional podem prejudicar o crescimento do feto. A restrição ao crescimento intra-uterino do feto pode ser atribuída a problemas no crescimento e função da placenta (Long et al., 2009, Vonnahme & Lemley, 2011). Este problema ocorre principalmente em regiões tropicais onde os rebanhos de cria são mantidos principalmente em sistemas de pastejo, e as vacas prenhes podem sofrer restrição alimentar em função de uma eventual má qualidade e quantidade de forragem disponível (Duarte et al., 2012).

Por outro lado, um reduzido número de estudos atuais tem registrado a ocorrência de ganho compensatório em fetos bovinos que sofrem restrição nutricional no início da gestação, que se reflete em maior ganho de peso, maior diâmetro de fibras musculares e aumento de adiposidade na progênie ainda na fase fetal (Micke et al., 2010; González et al., 2013; Gutiérrez et al., 2014). Esse tipo de resposta às condições nutricionais restritivas do crescimento posiciona os nutrientes durante a restrição para o desenvolvimento de órgãos essenciais à vida, como o cérebro, em substituição ao crescimento de outros órgãos e tecidos (Zhu et al., 2006). O particionamento de nutrientes para o desenvolvimento fetal tem efeitos em longo prazo sobre o crescimento e metabolismo pós-natal em ruminantes (Redmer et al., 2004; Quigley et al., 2008; Long et al., 2009).

Em humanos, sugere-se que a nutrição deficiente durante o período de rápido desenvolvimento propicia um fenótipo thrifty (fenótipo poupador) (Hales & Barker, 1992). Essa teoria propõe que o feto é capaz de se adaptar a um ambiente intrauterino adverso, otimizando o uso de suprimentos energéticos reduzidos, no sentido de garantir sua sobrevivência (Toste et al. 2006; Hales & Barker, 1992). Segundo os autores, a subnutrição do feto propicia um quadro de resistência à insulina, resultado de uma adaptação fetal poupadora de insulina, em resposta à hipoglicemia. Perante a hipoglicemia, o feto reduz a secreção de insulina e aumenta a resistência periférica à mesma, redistribuindo a glicose disponível para o cérebro e coração em detrimento dos tecidos periféricos, como o músculo esquelético (Hales & Barker, 1992; Zhu et al., 2006).

Para Gonzalez et al. (2013) vacas que consumiram 60% de suas demandas de PB (Proteína bruta) e EM (Energia metabolizável), nos primeiros 85 ou 140 dias de gestação seguidas de realimentação, produziram fetos com miofibrilas maiores no músculo *infraspinatus* do que o grupo controle (sem restrição). As células musculares se mantiveram maiores durante toda a gestação. Os autores

afirmam que houve crescimento muscular compensatório e a compensação foi mais evidente no tratamento com 85 dias de restrição nutricional. Esse crescimento pode ser explicado pelo aumento na produção do IGF II e maior fusão celular imunopositiva do Pax7 (importante fator de transcrição miogênico). Os autores afirmam ainda, que há uma suposta janela de desenvolvimento crítico das células musculares no primeiro trimestre da gestação, o que confere uma alta sensibilidade do feto à carga de nutrientes, transportadores de nutrientes e/ou sistemas anabólicos de sinalização durante toda a gestação, permitindo o aumento da oferta e captação de substrato para síntese de proteína.

Em um estudo realizado por Gutiérrez et al., (2014), o grupo de vacas tratado com maior oferta de forragem (4%), em pastagem natural do Bioma Pampa, não alterou o número de fibras musculares em relação aos que sofreram restrição. Porém, os fetos que sofreram restrição nutricional (oferta de forragem: 2,5%) durante a gestação obtiveram compensação no crescimento do diâmetro das fibras quando as vacas foram realimentadas. Além disso, houve uma tendência ($p = 0,09$; $n = 8$) à maior presença de marcadores adipogênicos no músculo dos bezerros ao nascimento cujas mães foram mantidas em baixa oferta de forragem. As células adiposas podem ter ocupado o espaço das células musculares, que estavam em menor número, o que reduziu o espaço para o aumento de diâmetro das células musculares durante a hipertrofia.

Micke et al., (2010) encontraram uma tendência à maior circunferência abdominal, de bezerros ao nascimento, cujas mães sofreram restrição nutricional (62 MJ de energia metabolizável e 0,4 kg PB/dia) no segundo trimestre da gestação e foram realimentadas, segundo suas demandas energéticas e proteica, no terceiro trimestre. Essa compensação no crescimento abdominal pode gerar um maior acúmulo de gordura nessa região, maior capacidade de termorregulação ao nascimento e maiores chances de sobrevivência pós-natal.

Os estudos sobre crescimento compensatório fetal em bovinos são escassos. Estudos prévios em outras espécies, incluindo ruminantes, demonstraram que a restrição do crescimento fetal, devido à desnutrição da vaca prenhe, ocorre para preservar órgãos vitais como o cérebro, provocando a diminuição global do tamanho do corpo fetal (Pond et al., 1992; Simmons et al., 1993; Greenwood et al., 1999a). Na fase inicial da gestação, quando há redução da ingestão calórica, a falha no crescimento intrauterino do feto pode ser atribuída à redução na função da placenta (Long et al., 2009, Vonnahme & Lemley, 2011), bem como, estão relacionados com alterações na taxa de crescimento e perfil metabólico da progênie (Long et al., 2009, 2010a). Com base nisso, a restrição alimentar da fêmea pode representar uma ferramenta para redução do custo com alimentação dos rebanhos de cria ou para aumento da adiposidade da carcaça da progênie.

2.5 Programação fetal em bovinos

O conceito de programação fetal, também chamado de crescimento fetal programado, surgiu com a utilização de dados epidemiológicos humanos. A hipótese era de que estímulos ambientais à gestante, em um período sensível do desenvolvimento fetal, resultariam em alteração de desenvolvimento da prole em longo prazo, como crescimento lento e suscetibilidade a doenças em crianças geradas por mães desnutridas durante a ocupação alemã ao território holandês nos anos de 1944 e 1945 (Barker et al., 1993). Na produção animal, este conceito pode

ser utilizado para a origem fetal do crescimento pós-natal de animais, esse processo depende tanto das taxas quanto da eficiência das transformações metabólicas dos nutrientes (Wu et al., 2006).

Em muitos relatos de espécies humana e animal, a sobrenutrição materna resulta em fenótipos de progênie semelhantes às progênies de fêmeas subnutridas (Ford et al., 2012). Os pesquisadores levantam a hipótese de que o mecanismo envolvendo as semelhanças nos fenótipos é devido, em parte, à redução da vascularidade placentária e dos transportadores de nutrientes, além de alterações nos níveis de somatomedinas (IGF) (Long et al., 2009; Perry et al., 1999; Long et al., 2010). O que ocorre, por exemplo, em ovelhas alimentadas com 150% de sua demanda de energia para manutenção a partir de 60 dias antes da concepção até o começo da gestação, quando a placenta está sendo formada (Ma et al., 2010).

O genoma de um indivíduo determina o potencial de crescimento no útero, mas o fator determinante desse crescimento parece ser o meio nutricional e hormonal em que o feto se desenvolve, em particular pelo aporte de oxigênio e nutrientes que recebe (Ounsted, 1966). A dieta materna controla diretamente o crescimento do feto, fornecendo glicose, aminoácidos e outros nutrientes e metabolitos essenciais a ele (Robinson et al., 1999). Em todas as espécies de mamíferos, os nutrientes são transferidos por meio de transporte passivo e ativo através da placenta, que apresenta um papel central para o crescimento do feto (Rehfeldt et al., 2011).

Porém, sabe-se atualmente que a associação entre fatores nutricionais do crescimento fetal e desempenho pós-natal, em última análise, ocorre por alterações na expressão de genes (Du et al., 2010; Micke et al., 2010; Wang et al., 2015). Algumas proteínas são ativadoras da transcrição, ligando-se ao DNA através de sítios específicos conhecidos como E-box, onde controlam os eventos da miogênese. Os principais fatores são: MyoD, a Miogenina, Myf-5 e a MRF4 (Du et al., 2010). A metilação do DNA origina inativação dos genes e a acetilação de histonas promove a transcrição (Du et al., 2010, Du et al., 2015; Moisés et al., 2016). Essa modificação é irreversível, levando à alteração da expressão de genes (Funston & Summers, 2013; Moisés et al., 2015). Ovelhas alimentadas com uma dieta pobre em doadores de grupo metil (vitaminas do complexo B) no período periconcepção, têm fetos com alterações da metilação do DNA do fígado, apresentando hipo ou desmetilação, e as progênies apresentaram resistência à insulina (Sinclair et al., 2007).

Os resultados dos estudos sobre o tipo de nutriente a ser fornecido para a vaca prenhe e a programação no crescimento fetal dos bezerros são bastante variáveis. Para Greenwood & Café (2007) a energia disponível para a vaca durante o trimestre final da prenhez parece ter mais influência sobre o peso ao nascimento dos bezerros do que a disponibilidade de proteína. Para Butler (1998) e Gath et al. (1999) nos bovinos a ingestão de proteína pela vaca gestante, acima de sua demanda diária, não tem efeito sobre a taxa de desenvolvimento embrionário. Por outro lado, há evidências da suplementação proteica ser prejudicial à sobrevivência embrionária precoce, pois ela pode elevar a circulação de amônia no sangue que é tóxica para o embrião nos primeiros dias de vida (Velazquez, 2015).

Para Copping et al. (2014) a ingestão materna de proteína durante o período peri-concepção (60 dias pré-concepção a 23 dias pós-concepção) e primeiro trimestre (24-98 dias pós-concepção) podem influenciar positivamente o crescimento

precoce e desenvolvimento do concepto bovino. Segundo os autores, isso ocorre porque os aminoácidos, que provém das proteínas após a digestão, têm grande importância para o desenvolvimento fetal e são utilizados na formação de proteínas para síntese de tecidos, reguladores de secreção hormonal, antioxidantes, além disso, podem exercer outras funções, tais como precursores para vasodilatadores (Wu et al., 2006) e neurotransmissores (Konduri et al., 2007). Quando há limitação no fornecimento de aminoácidos para o feto o crescimento natural das proteínas fetais pode ser comprometido, e promover mecanismos que levam a metabolização da proteína corporal do próprio feto (Regnault et al., 2005).

Em um experimento realizado por Radunz et al. (2012), em que as vacas prenhes consumiram as quantidades de PB diária de 0,989; 1,110 ou 1,621 kg, aquelas alojadas nos dois últimos tratamentos produziram bezerros mais pesados ao nascimento e aos 100 dias de vida do que as vacas que consumiram menor nível proteico. Não foi encontrada diferença significativa nos pesos ao abate entre os três tratamentos. Para os autores, o maior peso dos bezerros cujas mães receberam maiores quantidades de PB diárias se deve à maior disponibilidade de aminoácidos para o crescimento muscular dos fetos, já que essas vacas continham maior quantidade de nitrogênio no sangue, em função do maior consumo de proteína, do que as vacas do grupo controle.

O mesmo ocorreu em um estudo realizado por Long et al. (2009), que testaram as ofertas de proteína metabolizável de 100% ou 68% da recomendação do NRC, dos dias 30 a 125 da gestação, para vacas de corte. As vacas que sofreram restrição apresentaram peso reduzido nos cotilédones. Segundo os autores, o número e tamanho dos cotilédones está diretamente relacionado com o peso ao nascimento dos bezerros, por isso, vacas que sofreram restrição proteica produziram bezerros mais leves ao nascimento.

Greenwood et al. (2004) sugeriram que a suplementação proteica da mãe pode aumentar o peso ao nascimento da cria e potencialmente afetar o crescimento muscular fetal. Esses autores demonstraram que novilhos de 30 meses de idade, oriundos de vacas que foram submetidas à restrição nutricional proteica durante a gestação, tiveram peso corporal e peso de carcaça mais leves do que novilhos gerados por vacas suplementadas com proteína. Porém, os rendimentos de carcaça baseado nos índices de gordura foram maiores nos novilhos oriundos de mães que sofreram restrição proteica, o que indica que o crescimento muscular foi prejudicado na fase fetal, mas a habilidade para acumular gordura não foi afetada. Isso pode ser explicado pela partição de nutrientes no feto. Quando há restrição nutricional, órgãos importantes para a sobrevivência do feto, como cérebro e coração tem prioridade na utilização dos nutrientes, o que reduz a disponibilidade de nutrientes de um modo geral para o crescimento muscular (Long et al., 2009; Du et al., 2010; Du et al., 2015).

Para Wilson et al. (2016), novilhos gerados por vacas que consumiram, durante o trimestre final da gestação, 129% das exigências de proteína bruta, não obtiveram melhores resultados de peso corporal ao nascimento, a desmama e ao abate (quando adultos) e condição corporal ao abate, em comparação aos bezerros gerados por vacas que consumiram 100% de seus requerimentos de proteína bruta. Porém, os filhos de vacas alimentadas com 129% da demanda de proteína obtiveram ao abate maior espessura de gordura, grau de acabamento e rendimento

de carcaça do que os filhos de vacas alimentadas com nível de proteína conforme sua demanda.

A restrição energética durante o início e metade da gestação, em ovinos (Dandrea et al., 2001) e bovinos (Gonzalez et al., 2013) modifica a capacidade de troca de glicose com o feto e pode aumentar a sensibilidade do feto ao IGF1 para promover desenvolvimento adiposo (Symonds et al., 2012). Uma vez que a ingestão materna de energia é restabelecida no estágio final da gestação, a oferta de glicose fetal é aumentada e leva à adiposidade fetal (Zhu et al., 2006).

Em um estudo realizado por Dandrea et al. (2001), as ovelhas que receberam 50% da demanda de energia metabolizável dos dias 28 a 80 de gestação, apresentaram menor quantidade de GLUT1 circulante, chegaram ao parto com menor peso corporal e pariram cordeiros mais leves do que as ovelhas que consumiram 100% de sua demanda energética. O GLUT1 é o principal transportador de glicose da placenta para o feto, a redução na quantidade de GLUT1 fez com que menos glicose fosse transportada até o feto, causando redução no seu desenvolvimento corporal. Estes resultados demonstram que essa é uma das vias pela qual a desnutrição materna chega até o feto.

Os bezerros cujas mães receberam do 31^o ao 125^o dia da gestação 68% de suas necessidades energéticas, seguido pela realimentação para alcançar escores de condição corporal similares com 250 dias de gestação, tiveram conversão alimentar mais eficiente do que os do grupo controle (Underwood et al., 2008). Bezerros nascidos com peso 35% inferior ao esperado, devido a graves restrições na nutrição materna do 80^o ao 90^o dia da gestação até a parição, permaneceram menores em qualquer idade pós-natal quando comparados com bezerros bem desenvolvidos ou melhores nutridos. Não é possível afirmar que esse atraso no desenvolvimento possa ser compensado nas fases de recria e terminação (Greenwood & Cafe, 2007). Há pesquisas apontando que o peso ao desmame não é influenciado pelo peso ao nascimento de bezerros oriundos de gestantes mal nutridas quando esses bezerros são alimentados para que tenham condições de ganhar peso nos primeiros 56 dias de vida (Freetly et al., 2000). Por outro lado, outros autores afirmam que o peso ao abate é significativamente menor quando os animais nascem ou são desmamados mais leves (Banta et al., 2005, Stalker et al., 2006).

Underwood et al., (2008) testaram dois tipos de pastagem para vacas gestantes, em torno dos 140 dias de gestação, pasto nativo dos EUA e um pasto de melhor valor energético. Os bezerros provenientes das vacas submetidas ao pasto de melhor qualidade ganharam mais peso durante o período de terminação, apresentaram maior deposição de gordura, e conseqüentemente, maior peso de carcaça do que os filhos de vacas mantidas em pasto nativo. O aumento na deposição de gordura foi resultado de um maior número de adipócitos por unidade de área de gordura subcutânea. Para os autores, a nutrição na fase inicial do desenvolvimento pode designar as células-tronco a produzirem mais pré-adipócitos. Isso ocorre porque as vacas utilizadas no estudo foram mantidas somente a pasto, e nessa condição, o produto gerado em maior quantidade na fermentação ruminal é o acetato, que por sua vez, é o substrato primário utilizado pelos adipócitos subcutâneos. Conseqüentemente, este incremento de acetato pode ter aumentado o recrutamento das células-tronco para a produção de pré-adipócitos, levando ao aumento da gordura corporal na vida adulta.

Alguns estudos têm demonstrado claramente os efeitos benéficos da adição de lipídios na dieta da vaca prenhe sobre o desenvolvimento potencial de ovócitos e do embrião, dentre eles, os ácidos graxos polinsaturados das famílias n-6 e n-3 foram os mais benéficos (Pérez et al., 2012). Os embriões bovinos cultivados na presença de acetato e/ou betahidroxibutirato foram capazes de alcançar a etapa de blastocisto (Gómez et al., 2002), indicando que podem usar corpos cetônicos, lipídios de cadeia curta, provenientes da oxidação parcial de ácidos graxos como fonte primária de energia. Esta evidência de que antes de se implantarem, os embriões podem usar produtos do metabolismo dos lipídios sugere também que podem utilizar os lipídios intracelulares como uma fonte de energia (Sturmey et al., 2009).

A suplementação da vaca com gordura pode ainda causar alterações nos mecanismos de comunicação entre útero e embrião, através da modulação da síntese de prostaglandinas (Pérez et al., 2012). Espinoza et al. (1995) demonstraram que o fornecimento de 125 g/vaca/dia de gordura protegida, 60 dias antes do parto, produziram bezerros mais pesados ao nascimento e ao desmame do que os filhos de vacas não suplementadas. Por outro lado, Espinoza-Villavicencio et al. (2010), não encontraram diferença significativa nos pesos dos bezerros filhos de vacas suplementadas no pré-parto com sebo bovino ou gordura protegida, em comparação com as vacas não suplementadas. Porém, há poucos estudos avaliando a eficiência da suplementação de vacas de corte prenhes com gordura sobre o desempenho de bezerros.

Em um estudo realizado por Mohrhauser et al. (2015), os novilhos gerados por vacas que receberam 80% de sua demanda de energia durante o segundo trimestre da gestação, produziram carne mais macia, devido ao teor reduzido de colágeno no músculo *Longissimus dorsi*, em comparação com os filhos de vacas nutridas conforme suas demandas. Esses dados demonstram que a nutrição materna pode regular também a expressão de genes relacionados à expressão do colágeno no músculo e, por consequência, influenciar na maciez da carne (Du et al., 2015).

Outro aspecto importante da condição nutricional materna é sobre a formação dos tecidos reprodutivos do feto (Martin et al., 2007), embora questões reprodutivas não façam parte dos objetivos deste estudo. O início do desenvolvimento do folículo primordial em bovinos ocorre em torno do 80º dia de gestação, no 143º dia a maioria dos folículos primordiais já deve estar formada (Nilsson & Skinner, 2009). A subnutrição com duração de um a dois meses no primeiro terço da gestação reduz o número de folículos das bezerras (Rae et al., 2001). A nutrição da gestante também pode ter influências em longo prazo sobre os níveis de progesterona plasmática na progênie (Long et al., 2010; Nurmatamat et al., 2011). Novilhas nascidas de vacas suplementadas com proteína durante o terço final da gestação atingiram a puberdade antes da primeira estação de monta (Funston et al., 2008) e tiveram maior taxa de prenhez (Martin et al., 2007), quando comparadas com novilhas filhas de vacas não suplementadas. Os efeitos da nutrição da mãe são evidentes na vida pós-natal dos bezerros.

Frente ao elevado número de estudos sobre programação fetal na área de bovinos de corte, ainda não há consenso sobre estratégias de alimentação durante a gestação para garantir os benefícios da programação fetal. Porém, sabe-se que a partir desse complexo tema o controle da miogênese e adipogênese é

possível (Moisá et al., 2015; Wang et al., 2015; Moisé et al., 2016), e a elucidação desses mecanismos possibilita a manipulação da diferenciação das células progenitoras e maximiza a produção e qualidade da carne bovina (Du et al., 2013).

3. HIPÓTESE

O desenvolvimento dos fetos, o peso ao nascimento e pós-natal dos bezerros e a qualidade da carcaça dos bovinos de corte são diretamente proporcionais ao consumo de proteína e energia pelas vacas de corte prenhes.

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo geral

O objetivo principal da presente tese foi revisar dados disponíveis na literatura sobre o consumo de proteína bruta e energia pelas vacas de corte prenhes e seus efeitos sobre o desempenho pré e pós-natal da progênie.

4.2 Objetivos específicos

- Identificar o efeito do consumo diário de proteína bruta e nutrientes digestíveis totais, por vacas de corte prenhes, sobre o peso dos fetos e peso ao nascimento dos bezerros;
- Identificar o efeito do consumo diário de proteína bruta e nutrientes digestíveis totais, por vacas de corte prenhes, sobre o peso corporal pós-natal das progênies;
- Identificar o efeito do consumo diário de proteína bruta e nutrientes digestíveis totais, por vacas de corte prenhes, sobre o ganho médio diário na fase terminação, idade, peso, marmoreio, espessura de gordura e área de olho de lombo ao abate das progênies.

5. METODOLOGIA GERAL

A revisão sistemática (RS) busca responder a uma pergunta de pesquisa, mediante o uso de métodos transparentes e sistemáticos, a fim de identificar, selecionar e avaliar os estudos de maneira crítica (Castro, 2001). Por isso, sintetiza os resultados de estudos originais utilizando estratégias para diminuir a ocorrência de erros aleatórios e sistemáticos (Berwanger et al., 2007), reduzindo possíveis vieses que ocorreriam em uma revisão tradicional. A RS, juntamente com a metanálise (MA) e a meta-regressão (MR), têm contribuído para a pesquisa na produção animal. Essas análises funcionam como uma importante ferramenta para sintetizar o efeito dos tratamentos, particularmente, quando as respostas apresentam grande variabilidade, seja por sua natureza biológica ou por demandarem um elevado número amostral (Donner et al., 2001; Duffield et al., 2012; Cernicchiaro et al., 2016).

5.1 Revisão sistemática

5.1.1 Protocolo e pergunta de pesquisa

A presente revisão sistemática foi realizada para identificar o efeito da quantidade de PB e NDT fornecidos às vacas de corte prenhes e seus efeitos sobre o desempenho pré e pós- natal das progênie. O protocolo de revisão utilizado teve como base protocolos previamente publicados por Sargeant et al. (2005) e Higgins & Green (2011). A pergunta de pesquisa, no presente trabalho, foi formulada com base em população (P), intervenção (I) e resultado (R):

i) População

A população do estudo foi definida com base na espécie animal, no sexo (fêmeas), na aptidão (corte) e no estado fisiológico (prenhes). Estudos relevantes foram limitados às fêmeas bovinas de raças produtoras de carne, prenhes (primíparas ou múltíparas). Raças de dupla aptidão ou cruzas com raças leiteiras não foram incluídas.

ii) Intervenção

Foram consideradas todos os tipos de intervenção relacionados aos níveis de energia e/ou proteína nas dietas de fêmeas bovinas de corte durante a gestação.

iii) Resultado

Os resultados de interesse foram programação fetal, crescimento fetal, peso ao nascimento, peso ao desmame, crescimento compensatório, qualidade da fibra muscular, adipogênese e miogênese.

Não foram utilizados como resultados aqueles trabalhos que avaliavam o desenvolvimento animal relacionado com a função reprodutiva da fêmea. Os trabalhos considerados relevantes deveriam conter, pelo menos, um desses indicadores.

Um protocolo de busca prévio foi desenvolvido e aplicado conforme Mederos et al. (2012).

5.1.2 Estratégia de busca na literatura

Uma lista com os termos e algoritmos norteadores da pesquisa foi criada pela equipe de pesquisadores (Tabela 1).

TABELA 1. Termos de busca para população, intervenção e resultado utilizados na revisão sistemática.

Acrônimo	Descritores
População	"cow calf" or "beef cattle" or "beef heifer" or "beef dams" or "cow calf herd" or cow*
Intervenção	nutrition or energy or supplemen* or protein or feed* or aliment*
Resultado	"fetal programming" or "fetal growth" or "birth weight" or "compensatory growth" or "weaning weight" or "quality of muscle fiber" or adipogenesis or myogenesis

Foram utilizadas duas bases de dados eletrônicas, Scopus (Elsevier, 1960-2016) e Web of Science (Thompson Reuters, 1945-2016). A primeira busca foi realizada em maio de 2015, sendo atualizada em outubro de 2016, por intermédio da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). A verificação da busca incluiu uma pesquisa manual nas listas de referências de duas revisões de literatura que abordavam a programação fetal e suas respostas em ruminantes (Du et al., 2013; Funston & Summers, 2013). Todas as referências foram exportadas para o software EndNote Web para a remoção das referências duplicadas.

Essa estratégia de busca também recuperou estudos relevantes sobre qualidade da carne e da carcaça dos animais. Por isso, para evitar uma sobre carga de citações não relevantes, a palavra “carcaça” não foi incluída.

5.1.3 Critérios de seleção dos estudos e triagem

Cinco revisores treinados contribuíram com o processo de revisão (dois doutores, dois mestres e um estudante de graduação). Inicialmente, foram avaliados 30 resumos selecionados aleatoriamente.

As questões de seleção foram:

1. O resumo avaliado é um trabalho original?
2. Este trabalho investiga dietas em vacas de cria em pecuária de corte?
3. Este trabalho investiga diferentes níveis nutricionais?
4. Este trabalho investiga um dos seguintes nutrientes: proteína e energia?

Foram incluídos todos os estudos randomizados e não randomizados. Nesta etapa nenhuma restrição de idioma e ano de publicação foi imposta.

As referências foram avaliadas independentemente por dois revisores mediante leitura do título, do resumo e das palavras-chave. Quando a resposta de ambos os revisores fosse “não” para uma ou mais questões acima, a referência era eliminada. Eventuais divergências entre os revisores foram solucionadas através de consenso e, caso não houvesse consenso, um terceiro revisor era consultado. Em todas as etapas da RS foi utilizado o software Microsoft Excel®.

5.1.4 Avaliação metodológica e processo de coleta dos dados

O formulário de extração de dados (ED) foi construído conforme modelo de estudos prévios. O pesquisador principal foi o responsável pela extração de dados dos manuscritos selecionados. Publicações com mais de um desenho experimental foram duplicadas e os dados extraídos como estudos independentes a fim de obter o máximo de detalhes possível.

Antes da avaliação do viés de publicação e da ED, a relevância dos estudos selecionados pela avaliação do resumo foi confirmada através da leitura da publicação na íntegra, verificando se o estudo possuía um grupo controle adequado e se os resultados foram relatados com detalhes suficientes para conduzir extração quali e quantitativa dos dados. As informações extraídas foram estratificadas em gerais, população do estudo, intervenção, indicadores avaliados, resultados e informações relativas ao manuscrito (nome dos autores, ano de publicação e idioma original).

As informações gerais coletadas dos manuscritos selecionados incluíram: delineamento experimental, país, ano(s) da coleta de dados, instituição financiadora,

seleção das operações, rebanho/baia/piquete e animais (não relatado, randomizado, menção de randomização, sistemático, conveniência ou proposital, não aplicado), tamanho da amostra de indivíduos e de fazendas e critérios de exclusão e inclusão.

As informações sobre população incluíram: raça, peso, condição corporal das vacas, idade das vacas, número total de vacas, ordem de parição (múltipara ou primípara), período da prenhez (primeiro, segundo, terceiro trimestre), raça do touro utilizado no cruzamento e vacas em aleitamento (sim, não). As informações de intervenção para cada grupo (controle e tratado) foram relacionadas ao sistema de produção, tipo de suplemento (caso tenha sido fornecido), forragem utilizada, frequência de oferta, oferta de PB (em gramas e %) e oferta de NDT (em gramas e %).

Para cada resultado extraiu-se a média, o erro padrão da média (SEM) ou qualquer medida de dispersão disponível, unidade da medida, valor de P, tipo de análise estatística aplicada e o número de animais nos grupos controle e tratamento. Os dados de peso dos fetos, peso ao nascimento, peso pós-natal, peso ao abate e ganho médio diário de peso (GMD) ao abate foram coletados em quilogramas (kg). Os dados de área de olho de lombo do músculo *Longissimus dorsi* ao abate foram coletados em cm², e os de espessura de gordura, em cm. Os dados de marmoreio do músculo *Longissimus dorsi* ao abate estavam disponíveis em todos os trabalhos em escore de marmoreio do USDA: 100 (praticamente desprovido), 200 (traços), 300 (leve), 400 (pequeno), 500 (modesto), 600 (moderado) e 700 (pouco abundante).

5.1.5 Coleta e processamento dos dados

Para cada variável resposta avaliada um banco de dados individual foi construído. Nesse banco continha a média (em unidade padrão), o erro padrão da média ou outra medida de dispersão disponível, o valor de probabilidade e o número de animais avaliado em cada grupo (controle e tratado).

Para as medidas de peso pós-natal foram registrados a idade no momento da coleta, sendo aos 60, 100, 180 e 205 dias de vida. Alguns estudos registraram os pesos dos bezerros em idades diferentes dessas e, nesses casos, os pesos foram ajustados para desenvolvimento ponderal aos 205 dias.

Para fins de comparação do aporte nutricional, foi calculada a quantidade de energia (NDT) e proteína (PB) consumida pelas vacas, em relação às suas demandas, conforme o NRC (1996), sendo expressa em percentual (%). Já nos estudos que não relataram a quantidade de energia e proteína total da dieta ofertada, as mesmas foram calculadas com base na composição de alimentos da dieta, conforme o valor nutricional de cada alimento (NRC, 1996).

Para aqueles estudos que reportavam somente o valor de probabilidade, a estimativa do desvio padrão comum foi obtido com o uso de t-estatístico, assumindo que os dados tinham uma distribuição normal, com a seguinte fórmula (Ceballos et al., 2009; Mederos et al., 2012):

$$S_p = \frac{(x_2 - x_1)}{t(\alpha dfE) \sqrt{(1/n_2) + (1/n_1)}}$$

Em que: $x_2 - x_1$ representa a diferença entre as médias; $t(\alpha/dE)$ é o percentil da referida distribuição, e n é o tamanho da amostra de cada grupo.

5.2 Avaliação da qualidade e do viés de publicação

A Ferramenta de Risco de Viés da Colaboração Cochrane (*Cochrane Collaboration Risk of Bias Tool*) (Higgins & Green 2011) foi utilizada para avaliar o risco de viés de publicação nos estudos incluídos na MA. Para isso, foram utilizados como critério: randomização (geração de sequencia aleatória), sigilo de alocação, perdas por segmento, descrição das perdas e exclusões, interrupção precoce por benefício e relato seletivo dos resultados.

Os critérios foram classificados como baixo, alto ou incerto em produzir viés de publicação (Higgins & Green, 2011). O viés pode ser classificado como viés de seleção, de *performance*, de detecção, de atrito ou de relato.

5.2.1 Viés de seleção

Geração de sequência aleatória

Estudos que não descrevessem distribuição aleatória das vacas nos grupos foram classificados como tendo risco incerto de viés para este domínio. Para aqueles estudos com distribuição aleatória das vacas nos tratamentos, mas sem nenhuma descrição do processo, foi considerado como baixo risco de viés. Para estudos com descrição do tipo de distribuição aleatória, o viés também foi classificado como baixo risco.

Sigilo de alocação

Estudos que não descrevessem distribuição aleatória das vacas nos grupos foram classificados como tendo risco incerto de viés. Para os estudos com distribuição aleatória, foram consideradas duas possibilidades: i) se o método fosse descrito em detalhes que permitisse determinar que o sigilo de alocação poderia ter sido previsto antes ou durante a seleção, o risco de viés continuou sendo avaliado como baixo risco, alto risco ou risco incerto de viés (Higgins & Green, 2011) e ii) se a descrição foi insuficiente o estudo foi considerado como tendo risco incerto de viés.

5.2.2 Viés de performance

Foi verificado se nos estudos estavam descritas medidas que encobrissem os profissionais envolvidos de qual intervenção um participante recebeu e se o cegamento planejado foi efetivo (cegamento de pessoal). Se o método usado para cegar foi descrito em detalhes suficientes para fazer uma determinação de sua eficácia, o risco de viés continuou sendo avaliado como de baixo risco, alto risco ou risco incerto (Higgins & Green, 2011). Se a descrição fosse insuficiente, o estudo foi considerado como tendo risco incerto de viés.

5.2.3 Viés de detecção

A relevância do cegamento foi avaliada com relação à avaliação do resultado. Inicialmente fez-se um julgamento sobre quais resultados eram considerados de alto ou baixo risco de viés de detecção. Para os indicadores de desempenho, o cegamento foi considerado irrelevante, sendo considerados de baixo

risco de viés, devido às medidas serem de peso, realizada em balança, que possui baixo risco de viés.

5.2.4 Viés de atrito

O viés de atrito identifica diferenças sistemáticas decorrentes da perda de dados, pela retirada ou morte de animais de um grupo. Esse risco foi considerado baixo se não houvesse perda de dados dos resultados ou se essa perda não estivesse relacionada com o resultado de interesse, ou se poucos dados fossem perdidos, não influenciando na diferença das médias. Porém, quando a simples inclusão de dados foi feita de maneira inapropriada, ou quando a razão para perda de dados estivesse relacionada ao resultado de interesse, podendo influenciar na medida de efeito observada ou provocar desequilíbrio no número de participantes, o risco de viés foi considerado alto. Quando esse tipo de informação não era suficiente, o risco de viés foi considerado incerto.

5.2.5 Viés de relato

O risco de relato informa o viés que surge pela falta de inclusão de resultados não significativos. Quando se suspeitou que os resultados não foram, ou foram parcialmente, reportados porque a comparação dos tratamentos não era significativa ($P > 0,05$), o risco de viés foi considerado alto. Quando se suspeitou de que o resultado não foi mensurado, foi mensurado mas não analisado, ou foi mensurado e analisado mas não foi parcialmente relatado, por alguma razão sem conexão com os resultados obtidos, o risco de viés foi considerado baixo. Já o risco incerto foi considerado para casos em que se conhecia o resultado, mas o mesmo não foi mensurado ou analisado, ou sabia-se que estava sendo mensurado e analisado, mas a razão para ausência de relato ou relato parcial não tinha como motivo a ausência de significância.

5.3 Metanálise

Os estudos incluídos na MA foram aqueles que relataram dados quantitativos suficientes para estimar a diferença entre as médias dos grupos controle e tratado e seu intervalo de confiança a 95%. Para os resultados de peso dos fetos e peso pós-natal, os valores obtidos faziam referência ao período observado em cada estudo. Para peso ao nascimento, foi considerado o período de pesagem de até 24 horas após o parto. Nas medidas de peso pós-natal, as idades avaliadas foram 60, 100, 180, 205 e 240 dias pós-natal. Nas medidas de idade e peso ao abate, marmoreio, espessura de gordura e área de olho de lombo foram considerados os períodos de mensurações de cada estudo.

Na MA considerou-se, como pressuposto, a existência de heterogeneidade entre os estudos. A heterogeneidade pode ser consequência de diferenças metodológicas e clínicas conhecidas entre os ensaios ou de características não conhecidas ou não registradas (Thompson, 2001). Para isso, foi utilizado o método DerSimonian & Laird (1986) para estimar a heterogeneidade existente entre os estudos.

Metanálise por grupos de comparação

Para os dados de peso dos fetos, peso pós-natal e dados de abate, a MA foi conduzida considerando vários subconjuntos de dados semelhantes. Cada resultado de interesse foi avaliado simultaneamente e separadamente como grupo, utilizando estratificação por período para cada uma das medidas de interesse.

Foi gerada a medida de efeito combinada e o intervalo de confiança a 95% (*forest plot*). O Q de Cochran (teste de heterogeneidade qui-quadrado) e I^2 (porcentagem de variação total entre os estudos, devido à heterogeneidade e não ao acaso) foram calculados com base no consumo de NDT e PB pela vaca prenhe e no resultado de interesse. A magnitude do I^2 foi interpretada na ordem de 25, 50 e 75%, considerada como baixa, moderada ou alta heterogeneidade (Higgins et al., 2003). As análises estatísticas foram realizadas no software Stata V 14.0 (StataCorp., Texas, USA).

5.4 Viés de publicação

O viés de publicação foi avaliado visual e estatisticamente através do *funnel plot* e dos testes de correlação de Begg's e regressão linear de Egger's para cada indicador. Foi considerada a presença de viés se ao menos um dos métodos estatísticos fosse significativo ($P < 0,10$). Se alguma evidência de viés de publicação estivesse presente, independente da análise, o método "trim e fill" (Duval & Tweedie, 2000) foi usado para estimar a quantidade e a magnitude dos estudos perdidos, além do efeito estimado para o viés. Com a aplicação deste último método é possível localizar o centro do funil, estudos omitidos podem ser repostos e estudos perdidos recolocados ao redor da região central (Sterne et al., 2001).

5.5 Meta-regressão

A meta-regressão para efeitos aleatórios permite explorar as fontes de heterogeneidade, sendo que uma regressão com base nas características dos estudos pode ser uma fonte de variação e influenciar na resposta ao tratamento (Borenstein et al., 2009; Lean et al., 2009). Por isso, as variáveis exploradas na meta-regressão univariável foram randomização (sim ou não), agrupamento (não aplicável, sistemático, conveniência ou propósito, randomizado, não relatado), identificação e controle de fatores de confusão (não, sim ou não aplicável), ano de publicação do estudo, continente (América do Norte, América do Sul, América Central, Ásia, Oceania, Europa e África), grupo racial das vacas e do touro (*Bos taurus* - Continental e britânica, *Bos indicus* e cruzas), período de avaliação, tamanho da amostra, ordem de parição (múltiparas ou primíparas), lactante (sim ou não), período da prenhez (primeiro, segundo ou terceiro trimestre), sistema de produção (confinamento ou pasto) e condição corporal (escala 1-9, de acordo com Pruitt & Momont, 1988).

5.6 Metanálise acumulativa e análise de sensibilidade

Na meta-análise acumulativa, a medida do efeito global é atualizada a cada momento em que resultados de um novo estudo são publicados. Com maior frequência, essa análise é conduzida com o sorteio cronológico dos estudos, permitindo identificar o momento em que o efeito do tratamento foi significativo em relação ao controle (Egger et al., 2001; Borenstein et al., 2009).

A análise de sensibilidade foi realizada para verificar se determinados estudos possuem impacto na medida de efeito. Tal análise foi realizada através da retirada manual de um estudo por vez e avaliação se a diferença entre as médias variou em 30%, para mais ou para menos, antes da inserção desse estudo e retirada do próximo.

CAPÍTULO II¹

¹Elaborado conforme as normas da Journal of Animal Science (Apêndice 1).

Nutrição de vacas de corte durante a gestação e seu efeito sobre o desenvolvimento fetal – uma metanálise

D. Zago^a, M. E. A. Canozzi^a, J. O. J. Barcellos^{a,*}

^aDepartamento de Zootecnia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Av. Bento Gonçalves nº 7712, 91540-000, Porto Alegre, RS, Brasil.

* Autor correspondente: Departamento de Zootecnia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Av. Bento Gonçalves nº 7712, 91540-000, Porto Alegre, RS, Brasil. Tel.: +55 51 3308 6042. *E-mail*: julio.barcellos@ufrgs.br

RESUMO: Este estudo avaliou o efeito dos níveis de NDT e PB fornecidos a vacas de corte durante a gestação, sobre o peso dos fetos aos quatro (PF4) e oito meses (PF8) e dos bezerros ao nascimento (PN). Foi conduzida uma revisão sistemática da literatura e uma metanálise (MA) a partir de duas bases de dados eletrônicas, Scopus e Web of Science, além da conferência das referências de revisões bibliográficas sobre o tema. Os critérios de inclusão foram estudos completos, com vacas de corte prenhes submetidas a diferentes dietas e que avaliassem o peso dos fetos e/ou dos bezerros ao nascimento. Os dados foram extraídos usando protocolos pré-definidos. A MA para efeitos randomizados foi realizada para cada indicador separadamente com a média do grupo controle e do tratado. A análise foi conduzida com os níveis de NDT e PB em relação às exigências das vacas (NRC, 1996). Para PF4 foram avaliados quatro estudos e seis ensaios, envolvendo 170 animais; para PF8, quatro estudos, quatro ensaios e 156 animais; para PN, 48 estudos, 125 ensaios e 9.053 animais. A heterogeneidade entre os estudos foi elevada para PF4 ($I^2 = 94,4\%$), PF8 ($I^2 = 91,08\%$) e PN ($I^2 = 96,9\%$). Nenhuma diferença entre médias (DM) foi encontrada para PF4. Houve redução de 2,236kg no PF8 quando as vacas consumiram 100% de PB e NDT (NRC, 1996), (IC 95% = -2,684, -1,787; $P < 0,001$; $n = 2$ ensaios; $I^2 = 0\%$), em relação às que consumiram 70% de suas exigências de PB e NDT, no primeiro (1TRI) e segundo trimestre da gestação (2TRI), ($P < 0,001$). Houve redução no PN de 2,954kg (IC 95% = -3,802, -2,106; $P < 0,001$; $n = 2$ ensaios; $I^2 = 62,4\%$) quando as vacas prenhes consumiram 100% de suas demandas de PB no terceiro trimestre da gestação (3TRI). Nos estudos em que as vacas consumiram 130% de PB houve redução de 0,453kg no PN (IC 95% = -0,896, -0,009; $P = 0,045$; $n = 15$ ensaios; $I^2 = 96,9\%$). Nos estudos em que o consumo de NDT foi igual à recomendação do NRC (1996), houve elevação de 2,029kg no PN dos

bezerros (IC 95% = 1,509, 2,549; $P < 0,001$; $n = 2$ ensaios; $I^2 = 0\%$). Contudo, quando as vacas consumiram 140% de NDT (NRC, 1996), o PN foi reduzido em 2,709kg (IC 95% = -1,040, -0,050; $P = 0,001$; $n = 7$ ensaios; $I^2 = 98,3\%$) em relação aos demais níveis de consumo. O consumo de PB e NDT nos níveis recomendados pelo NRC-Beef Cattle (1996), no 1TRI e 2TRI, reduziu o PF8, em relação aos níveis inferiores de consumo. O peso ao nascimento é reduzido quando as vacas consomem, no 3TRI, PB e NDT superior à demanda ou PB igual à demanda, em comparação com aquelas que consomem níveis inferiores. O consumo de NDT igual à demanda das vacas eleva o peso ao nascimento.

Palavras-chave: bovinos de corte, peso ao nascimento, peso fetal, programação fetal, rebanho de cria

INTRODUÇÃO

A restrição no crescimento fetal, devido às falhas na nutrição materna, tem sido reportada como um problema na produção de ruminantes (Du et al., 2010). Há evidências de que o desenvolvimento pré-natal tem influência em longo prazo no crescimento corporal e nas funções fisiológicas dos animais, impactando na sobrevivência dos recém-nascidos, desempenho produtivo, composição corporal e qualidade da carne (Rehfieldt et al., 2011). Em função disso, a programação fetal tem sido amplamente estudada na produção de bovinos de corte, por representar uma ferramenta importante na produção de bezerros e na qualidade da carne (Du et al., 2010).

Restrições proteicas nas fases iniciais da gestação provocam alterações no desenvolvimento da placenta que podem reduzir o peso corporal dos fetos (Perry et al., 1999). Também nessa fase, a restrição de 40% no nível de energia consumido causa um incremento no tamanho das fibras musculares (Gonzalez et al., 2013), com reflexos no peso da progênie e na qualidade da carne (Rehfeldt et al., 2011). Para Greenwood et al., (2000) e Du et al. (2010) a desnutrição da vaca durante as fases inicial e média da gestação reduz o número de fibras musculares, e durante o terço final pode reduzir o peso ao nascimento e pós-natal dos bezerros.

O consumo de nutrientes pela vaca, acima de suas demandas também pode ser prejudicial ao desenvolvimento do feto (Du et al., 2010). Como principais efeitos pode-se mencionar desordens metabólicas, como resistência a insulina (Radunz et al., 2012), e estímulo à expressão de genes responsáveis pela formação de células adiposas no feto, em detrimento às células musculares (Tong et al., 2009), com consequências na redução do peso ao nascimento. Por outro lado, estudos atuais sobre programação fetal têm registrado a ocorrência de ganho compensatório em fetos bovinos que sofrem restrição nutricional em alguma fase da gestação, o que reflete em maior ganho de peso, maior diâmetro de fibras musculares e aumento de adiposidade na progênie ainda na fase fetal (Micke et al., 2010; González et al., 2013; Gutiérrez et al., 2014).

A eficiência dos rebanhos de cria é medida através do número e peso dos bezerros gerados (Dickerson, 1970; Wiltbank, 1994), o que torna a nutrição das vacas uma importante estratégia para aumentar a eficiência desses rebanhos. Diante dos resultados conflitantes sobre programação fetal em bovinos de corte, o objetivo deste estudo foi avaliar, de forma metanalítica, os dados disponíveis na literatura sobre o consumo de

energia e proteína bruta pelas vacas durante a gestação e seu efeito sobre o peso dos fetos em dois estágios de gestação e o peso ao nascimento dos bezerros.

MATERIAL E MÉTODOS

Questão e protocolo de pesquisa

Este estudo identificou os efeitos do consumo de NDT e PB pelas vacas prenhes e seus efeitos no peso dos fetos e no peso ao nascimento de suas progênes. A estratégia de pesquisa foi definida baseada em população, intervenção e resultado (tabela 1).

Tabela 1. Termos de busca para população, intervenção e resultado utilizados na revisão sistemática.

Acrônimo	Descritores
População	"cow calf" or "beef cattle" or "beef heifer" or "beef dams" or "cow calf herd" or cow*
Intervenção	nutrition or energy or supplemen* or protein or feed* or aliment*
Resultado	"fetal programming" or "fetal growth" or "birth weight" or "compensatory growth" or "weaning weight" or "quality of muscle fiber" or adipogenesis or myogenesis

A população estudada foi vacas de corte prenhes; as intervenções foram o consumo de energia e proteína pelas vacas prenhes; como grupos comparativos considerou-se grupos semelhantes de animais submetidos ao mesmo tratamento com ou sem

intervenção; e os resultados, peso dos fetos aos quatro e oito meses e peso ao nascer dos bezerros. A pesquisa na literatura também encontrou resultados sobre a fase pós-natal, peso corporal pós-natal e ganho médio diário, idade, peso, área de olho de lombo, marmoreio e espessura de gordura ao abate, porém, esses resultados foram descritos em um segundo artigo para evitar sobrecarga de informações.

Os trabalhos considerados relevantes deveriam conter, pelo menos, um dos resultados de interesse. Neste estudo, não foram consideradas publicações que avaliassem o desenvolvimento animal relacionado à função reprodutiva da fêmea. Um protocolo de busca foi desenvolvido sendo que cada ferramenta de triagem foi adaptada do formulário previamente utilizado (Mederos et al., 2012) e testado antes de sua implementação.

Métodos de pesquisa para identificação de estudos

Uma lista de termos de pesquisa e algoritmos finais foi resumida em componentes populacionais, de intervenção e de resultado: ("cow calf" or "beef cattle" or "beef heifer" or "beef dams" or "cow calf herd" or cow*) AND (nutrition or energy or supplemen* or protein or feed* or aliment*) AND ("fetal programming" or "fetal growth" or "birth weight" or "compensatory growth" or "weaning weight" or "quality of muscle fiber" or adipogenesis or myogenesis). Essa estratégia de busca também recuperou publicações relevantes sobre avaliação da carcaça dos animais. Por isso, a palavra "carcaça" não foi incluída, de modo a evitar uma sobrecarga de citações não-relevantes.

Foram utilizadas duas bases de dados eletrônicas, Scopus (Elsevier, 1960-2016) e Web of Science (Thompson Reuters, 1945-2016). A busca, realizada em maio de 2015, foi atualizada em outubro de 2016. A verificação da busca incluiu uma pesquisa manual nas listas de referências de duas revisões de literatura que abordavam programação fetal e suas respostas em ruminantes (Du et al., 2013; Funston e Summers, 2013). Todas as referências foram exportadas para o software EndNote Web para organização e remoção das referências duplicadas.

Crítérios de seleção dos estudos e seleção da relevância

Quatro revisores foram treinados para a triagem de relevância dos estudos mediante avaliação de 30 resumos. Nessa etapa foi realizada a identificação de estudos potencialmente relevantes, previamente encontrados na literatura. As referências foram avaliadas de forma independente por dois revisores mediante leitura do título, do resumo e das palavras-chave. Quando a resposta de ambos os revisores fosse “não” para uma ou mais questões, a referência era eliminada. Eventuais divergências foram solucionadas através de consenso e, caso não houvesse consenso, outro revisor era consultado. Foram incluídos estudos randomizados e não randomizados. Em todas as etapas da revisão sistemática (RS) foi utilizado o software Microsoft Excel[®].

Metodologia de avaliação e processo de extração dos dados

O formulário de extração de dados foi construído de acordo com modelos já utilizados em outros estudos. Publicações com mais de um experimento foram duplicadas e os dados extraídos como estudos independentes a fim de obter o máximo

de detalhes possível. As informações extraídas foram estratificadas em gerais (população do estudo, intervenção, indicadores avaliados e resultados) e aquelas relacionadas ao manuscrito (nome dos autores, ano de publicação e idioma original).

Considerações sobre a coleta e a manipulação dos dados

Para cada variável resposta avaliada foi construído um banco de dados. Esse banco continha a média (em unidade padrão, kg), o erro padrão da média ou outra medida de dispersão disponível, o valor de probabilidade e o número de animais avaliados em cada grupo (controle e tratado).

Para fins de comparação do aporte nutricional, foi calculada a quantidade de NDT e PB consumida pelas vacas como uma proporção das suas exigências (%), (NRC, 1996). Já nos estudos que não relataram o teor de energia e proteína total da dieta ofertada, as mesmas foram calculadas com base na quantidade de cada alimento que compunha as dietas, multiplicada pelo seu teor de NDT e PB (%), estabelecido pelo NRC (1996). Os grupos controle e tratado variaram em termos nutricionais conforme as comparações realizadas.

Para aqueles estudos que reportavam somente o valor de probabilidade, a estimação do desvio padrão foi obtida com o uso de t-estatístico, assumindo que os dados possuíam distribuição normal, com a seguinte fórmula (Ceballos et al., 2009; Mederos et al., 2012):

$$S_p = \frac{(x_2 - x_1)}{t(\alpha dfE) \sqrt{(1/n_2) + (1/n_1)}}$$

Em que: $x_2 - x_1$ representa a diferença entre as médias; $t(\alpha/dE)$ é o percentil da referida distribuição; e n é o tamanho da amostra de cada grupo.

Avaliação da qualidade dos dados

A Ferramenta de Risco de Viés da Colaboração Cochrane (*Cochrane Collaboration Risk of Bias Tool*), (Higgins e Green 2011) foi utilizada para avaliar o risco de viés de publicação nos estudos incluídos na MA. Contudo, foi realizada uma modificação para o risco de viés por cegamento dos avaliadores dos resultados, sendo considerado baixo, uma vez que as medidas foram realizadas com o uso de balança, régua ou outro equipamento objetivo de mensuração.

Metanálise

Os estudos incluídos nesta metanálise (MA) foram aqueles que reportaram dados quantitativos suficientes para estimar a diferença entre médias (DM) entre os grupos controle e tratado e seu intervalo de confiança a 95%. Para os resultados de peso dos fetos, os valores obtidos fizeram referência ao período observado em cada estudo (quatro e oito meses de gestação), enquanto que, para peso ao nascimento, foi considerado o período de pesagem de até 24 horas após o parto.

Como pressuposto da variabilidade entre os estudos, considerou-se a existência de heterogeneidade entre eles. Para isso, foi utilizado o método DerSimonian e Laird (1986) para estimar a heterogeneidade existente entre os estudos. As análises estatísticas foram realizadas no software Stata V 14.0 (StataCorp., Texas, USA).

Para cada variável resposta, foi gerada a medida de efeito combinado e o intervalo de confiança a 95% (*Forest plot*). O Q de Cochran (teste de heterogeneidade qui-quadrado) e I^2 (porcentagem de variação total entre os estudos, devido à heterogeneidade e não ao acaso) foram calculados com base no consumo de NDT e PB da vaca prenhe e no resultado de interesse. A magnitude do I^2 foi interpretada na ordem de 25, 50 e 75%, considerada como baixa, moderada ou alta heterogeneidade (Higgins et al., 2003).

Viés de publicação

O viés de publicação foi avaliado na forma gráfica e estatística através do *funnel plot* e dos testes de correlação de Begg's e regressão linear de Egger's para cada variável resposta de interesse. Na presença de alguma evidência de viés de publicação, foi utilizado o método "trim e fill" (Duval e Tweedie, 2000).

Meta-regressão

Para explorar as fontes de heterogeneidade dos dados foi realizada a análise de meta-regressão univariada, através do método-de-momentos (Borenstein et al., 2009). Foram avaliadas as seguintes variáveis: randomização (sim ou não), agrupamento (não aplicável, sistemático, conveniência ou proposital, randomizado, não reportado), identificação e controle de fatores de confusão (não, sim ou não aplicável), ano de publicação do estudo, continente (América do Norte, América do Sul, América Central, Ásia, Oceania, Europa e África), grupo racial das vacas e do touro (*Bos taurus* – Continental, *Bos taurus* - Britânica, *Bos indicus* e cruzas), período de avaliação (dias), tamanho da amostra, ordem de parição (multíparas ou primíparas), lactante (sim ou

não), período da prenhez (primeiro (1TRI), segundo (2TRI) ou terceiro trimestre (3TRI)), sistema de produção (confinamento ou pasto) e condição corporal (escala 1-9, conforme Pruitt e Momont, 1987).

Metanálise acumulativa e análise de sensibilidade

A metanálise acumulativa permite atualizar a medida do efeito global a cada momento em que resultados de um novo estudo são publicados. Essa análise é conduzida com o sorteio cronológico dos estudos, permitindo identificar o momento em que o efeito do tratamento foi significativo em relação ao controle (Egger et al., 2001; Borenstein et al., 2009). A análise de sensibilidade foi conduzida para verificar se determinados estudos possuem impacto na medida de efeito. Foi realizada com a retirada manual de um estudo por vez, e avaliação se a DM variou em 30%, para mais ou para menos, antes da inserção desse estudo e retirada do próximo.

Resultados

Seleção de estudos

O estudo identificou 2.470 citações, das quais 443 foram selecionadas para leitura na íntegra, sendo 389 excluídas a partir da validação metodológica e extração de dados (Apêndice 1). Das publicações restantes, oito não continham dados suficientes para realizar a análise quantitativa (Apêndice 2). Por fim, 39 publicações sobre peso dos fetos e peso ao nascimento dos bezerros foram incluídas na presente RS-MA.

Nesta RS-MA foram avaliados peso dos fetos aos quatro meses (PF4; n = 4 estudos), aos oito meses (PF8; n = 4 estudos) e peso ao nascimento (PN; n = 48 estudos). Das

dietas utilizadas nos estudos, 34 avaliaram o nível de energia consumido pelas vacas prenhes; 12, o nível de proteína; e sete, os níveis de energia e de proteína. O número total de fetos e bezerros incluídos nesta MA foi de 170 e 9.053, respectivamente, para níveis de energia e de proteína. Trinta e nove publicações foram incluídas, as quais representaram 56 estudos e 135 comparações. As principais características dos estudos incluídos são apresentadas nas tabelas 2 e 3.

Tabela 2. Resumo descritivo de cada estudo relevante incluído nesta MA e meta-regressão (39)

Referência	País	População em estudo (número de estudos/tamanho da amostra total)	Grupo comparativo	Dieta testada (grupo controle/tratamento)	Medida de resultado
Beck et al., 1992	EUA	1 (194)	Níveis de energia	Palha com amônia/Palha, amônia e concentrado	Peso ao nascimento
Bellows et al., 1978	EUA	2 (128)	Níveis de energia	Feno/Feno e concentrado	Peso ao nascimento
Carstens et al., 1987	EUA	1 (22)	Níveis de proteína	Silagem e concentrado	Peso ao nascimento
Corah et al., 1975	EUA	2 (101)	Níveis de energia	Feno e concentrado	Peso ao nascimento
Duarte et al., 2013	Brasil	2 (8)	Níveis de energia	Silagem e concentrado	Peso dos fetos e ao nascimento
Durunna et al., 2014	Canadá	1 (198)	Níveis de energia	Feno/Forragem	Peso ao nascimento
Ferrel et al., 1976	EUA	1 (24)	Níveis de proteína	Feno e concentrado	Peso dos fetos

Houghton et al., 1990	EUA	1 (160)	Níveis de energia	Concentrado/Silagem e concentrado	Peso ao nascimento
Klein et al., 2014	EUA	1 (46)	Níveis de energia e proteína	Feno/Feno e concentrado	Peso ao nascimento
Koster et al., 2002	EUA	3 (342)	Níveis de energia	Feno, forragem e concentrado	Peso ao nascimento
Larson et al., 2009	EUA	1 (24)	Níveis de proteína	Forragem/Palha e concentrado	Peso ao nascimento
Lodman et al., 1990	EUA	2 (90)	Níveis de proteína	Forragem/Forragem e concentrado	Peso ao nascimento
Long et al., 2009	EUA	1 (22)	Níveis de energia e proteína	Feno, palha e concentrado	Peso dos fetos
Long et al., 2010	EUA	1 (20)	Níveis de energia	Feno e concentrado/Forragem	Peso ao nascimento
Martin et al., 2005	EUA	1 (233)	Níveis de energia	Feno e concentrado	Peso ao nascimento
Meyer et al., 2010	EUA	1 (116)	Níveis de energia	Feno/Palha	Peso dos fetos
Micke et al., 2011	Austrália	1 (68)	Níveis de proteína	Feno, palha e concentrado	Peso ao nascimento
Miner et al., 1990	EUA	2 (116)	Níveis de proteína e gordura	Forragem/Forragem e concentrado	Peso ao nascimento

Moriel et al., 2016 b	EUA	1 (30)	Níveis de energia	Feno, silagem e concentrado	Peso ao nascimento
Pate et al., 1990	EUA	1 (514)	Níveis de energia	Fragem e concentrado	Peso ao nascimento
Perry et al., 1991	EUA	1 (13)	Níveis de energia	Feno e concentrado	Peso ao nascimento
Perry et al., 1999	Austrália	1 (8)	Níveis de energia e proteína	Feno e concentrado	Peso ao nascimento
Radunz et al., 2010	EUA	1 (147)	Níveis de energia	Feno/Feno e concentrado	Peso ao nascimento
Radunz et al., 2012	EUA	1 (270)	Níveis de energia	Feno/Feno e concentrado	Peso ao nascimento
Shell et al., 1995	EUA	1 (20)	Níveis de energia	Feno	Peso ao nascimento
Sims & Bailey 1995	EUA	7 (658)	Níveis de energia	Fragem e concentrado	Peso ao nascimento
Soto-Murillo et al., 1993	EUA	1 (276)	Níveis de energia	Feno/Feno e silagem	Peso ao nascimento
Summers et al., 2015a	EUA	1 (57)	Níveis de proteína	Feno/Feno e concentrado	Peso ao nascimento

Summers et al., 2015	EUA	1 (114)	Níveis de proteína	Feno/Feno e concentrado	Peso ao nascimento
Stalker et al., 2006	EUA	1 (362)	Níveis de proteína	Forragem e concentrado/Forragem	Peso ao nascimento
Wilson et al., 2015	EUA	1 (177)	Níveis de energia	Forragem/Forragem e concentrado	Peso ao nascimento
Wilson et al., 2015b	EUA	1 (163)	Níveis de proteína	Feno/concentrado e palha	Peso ao nascimento
Wilson et al., 2016b	EUA	1 (86)	Níveis de energia	Feno e concentrado	Peso ao nascimento
Wilson et al., 2016	EUA	1 (42)	Níveis de proteína	Silagem e concentrado	Peso ao nascimento
Wiltbank et al., 1962	EUA	1 (85)	Níveis de energia	Feno e concentrado	Peso ao nascimento
Winterholler et al., 2009	EUA	1 (96)	Níveis de energia e proteína	Forragem, feno e concentrado	Peso ao nascimento
Winterholler et al., 2012	EUA	1 (118)	Níveis de energia e proteína	Feno e concentrado	Peso ao nascimento
Wood et al., 2010	Canadá	1 (71)	Nível de proteína	Feno	Peso ao nascimento

Zehnder et al.,
2010

EUA

1 (48)

Nível de proteína

Feno e concentrado

Peso ao nascimento

Tabela 3. Características descritivas das 39 publicações relatando 56 estudos incluídos na MA

Variável	Descrição	Categorias	Número de publicações (estudos)
Delineamento do estudo	Tipo de delineamento utilizado	Estudos controle	39 (56)
Tratamento	Tipo de nutriente avaliado	Nível de energia	21 (33)
		Nível de proteína	12 (16)
		Nível de energia e proteína	6 (7)
Ano de publicação	Ano de publicação do estudo	1962-2000	15 (29)
		2000-2016	24 (27)
Ordem de parição	Novilha ou vaca	Primípara	10 (14)
		Múltipara	27 (34)
		Primíparas e múltiparas	2 (8)
Período da prenhez	Período da gestação em que o estudo foi realizado	Primeiro trimestre	1 (1)
		Segundo trimestre	2 (2)
		Terceiro trimestre	21 (29)
		Primeiro e segundo trimestre	3 (3)
		Segundo e terceiro trimestre	9 (18)

		Toda a gestação	3 (3)
Aleitamento	Vacas aleitando ou não o bezerro da gestação anterior	Em aleitamento	2 (4)
		Não aleitamento	35 (49)
		Não informado	2 (3)
Sistema de produção	Sistema de produção em que as vacas foram submetidas durante o estudo	Sistema extensivo	19 (30)
		Sistema intensivo	20 (26)
Tempo de duração do experimento	Tempo de duração do experimento	1 a 90 dias	14 (18)
		90 a 180 dias	18 (29)
		180 a 280 dias	7 (9)
Grupo racial das vacas	Raça da vaca	<i>Bos indicus</i>	1 (2)
		<i>Bos taurus</i> - Britânica	25 (39)
		Cruza <i>Bos indicus</i> - Britânica	1 (1)
		Cruza <i>Bos indicus</i> , <i>Bos taurus</i> Britânica, <i>Bos taurus</i> Continental	1 (1)
		<i>Bos taurus</i> Continental x Britânica	7 (8)
		<i>Bos taurus</i>	4 (5)

Grupo racial dos touros	Raça do touro	Continental e Britânica	
		<i>Bos taurus</i> - Britânica	10 (14)
		<i>Bos taurus</i> - Continental	2 (2)
		Cruza <i>Bos indicus</i> - Britânica	1 (1)
		Cruza <i>Bos indicus</i> , <i>Bos taurus</i> Britânica, <i>Bos taurus</i> - Continental	1 (1)
		<i>Bos taurus</i> Continental e Britânica	1 (1)
		Não reportado	24 (37)
		América do Sul	1 (6)
		América do Central	0 (0)
		América do Norte	38 (50)
Continente		Oceania	0 (0)
		Europa	0 (0)
		Ásia	0 (0)
		África	0 (0)
Tamanho da amostra	Número de bovinos na população em estudo	n<50	15 (18)
		n = 51 a 100	10 (13)
		n>100	14 (25)

Risco de viés

Poucos estudos permitiram uma análise criteriosa do risco de viés. Acredita-se que a falta de detalhamento nos estudos avaliados sobre o cegamento dos avaliadores de resultados se dá, justamente, pela medida ser objetiva e oferecer pouca probabilidade de erro (Tabela 4 e Apêndice 3).

Tabela 4. Avaliação da qualidade metodológica do risco de viés (classificado como baixo, não claro e alto) nos 56 estudos incluídos na MA sobre peso dos fetos e peso ao nascimento dos bezerros

Referência	Geração de sequência aleatória	Ocultação de alocação	Relato seletivo	Variável resposta	Cegamento de avaliadores dos resultados	Resultados incompletos
Beck et al., 1992	Alto	Não claro	Não claro	Peso ao nascimento	Baixo	Baixo
Bellows et al., 1978	Alto	Não claro	Não claro	Peso ao nascimento	Baixo	Baixo
Carstens et al., 1987	Alto	Não claro	Não claro	Peso ao nascimento	Baixo	Baixo
Corah et al., 1975	Alto	Não claro	Não claro	Peso ao nascimento	Baixo	Baixo
Duarte et al., 2013	Alto	Não claro	Não claro	Peso dos fetos e ao nascimento	Baixo	Baixo
Durunna et al., 2014	Alto	Não claro	Não claro	Peso ao nascimento	Baixo	Baixo
Ferrel et al., 1976	Alto	Não claro	Não claro	Peso dos fetos	Baixo	Baixo

Houghton et al., 1990	Alto	Não claro	Não claro	Peso ao nascimento	Baixo	Baixo
Klein et al., 2014	Alto	Baixo	Não claro	Peso ao nascimento	Baixo	Baixo
Koster et al., 2002	Alto	Não claro	Não claro	Peso ao nascimento	Baixo	Baixo
Larson et al., 2009	Alto	Não claro	Não claro	Peso ao nascimento	Baixo	Baixo
Lodman et al., 1990	Alto	Não claro	Não claro	Peso ao nascimento	Baixo	Baixo
Long et al., 2009	Alto	Não claro	Não claro	Peso dos fetos	Baixo	Baixo
Long et al., 2010	Alto	Não claro	Não claro	Peso ao nascimento	Baixo	Baixo
Martin et al., 2005	Alto	Não claro	Não claro	Peso ao nascimento	Baixo	Baixo
Meyer et al., 2010	Alto	Não claro	Não claro	Peso dos fetos	Baixo	Baixo
Micke et al., 2011	Alto	Não claro	Não claro	Peso ao nascimento	Baixo	Baixo

Miner et al., 1990	Alto	Não claro	Não claro	Peso ao nascimento	Baixo	Baixo
Moriel et al., 2016 b	Alto	Não claro	Não claro	Peso ao nascimento	Baixo	Baixo
Pate et al., 1990	Alto	Não claro	Não claro	Peso ao nascimento	Baixo	Baixo
Perry et al., 1991	Alto	Não claro	Não claro	Peso ao nascimento	Baixo	Baixo
Perry et al., 1999	Alto	Não claro	Não claro	Peso ao nascimento	Baixo	Baixo
Radunz et al., 2010	Alto	Não claro	Não claro	Peso ao nascimento	Baixo	Baixo
Radunz et al., 2012	Alto	Não claro	Não claro	Peso ao nascimento	Baixo	Baixo
Shell et al., 1995	Alto	Não claro	Não claro	Peso ao nascimento	Baixo	Baixo
Sims and Bailey 1995	Alto	Não claro	Não claro	Peso ao nascimento	Baixo	Baixo
Soto-Murillo et al., 1993	Alto	Baixo	Não claro	Peso ao nascimento	Baixo	Baixo
Summers et al.,	Alto	Não claro	Não claro	Peso ao nascimento	Baixo	Baixo

2015a

Summers et al.,

2015

Alto

Baixo

Não claro

Peso ao nascimento

Baixo

Baixo

Stalker et al.,

2006

Alto

Baixo

Não claro

Peso ao nascimento

Baixo

Baixo

Wilson et al.,

2015

Alto

Não claro

Não claro

Peso ao nascimento

Baixo

Baixo

Wilson et al.,

2015 b

Alto

Não claro

Não claro

Peso ao nascimento

Baixo

Baixo

Wilson 2016 b

Alto

Não claro

Não claro

Peso ao nascimento

Baixo

Baixo

Wilson et al.,

2016

Alto

Não claro

Não claro

Peso ao nascimento

Baixo

Baixo

Wiltbank et al.,

1962

Alto

Não claro

Não claro

Peso ao nascimento

Baixo

Baixo

Winterholler et

al., 2009

Alto

Baixo

Não claro

Peso ao nascimento

Baixo

Baixo

Winterholler et

Alto

Baixo

Não claro

Peso ao nascimento

Baixo

Baixo

al., 2012

Wood et al., 2010	Alto	Não claro	Não claro	Peso ao nascimento	Baixo	Baixo
Zehnder et al., 2010	Alto	Não claro	Não claro	Peso ao nascimento	Baixo	Baixo

Metanálise

Foram incluídos nesta MA 39 publicações, com 56 estudos, correspondendo a 135 ensaios (tabela 2). Cada publicação pode ter mais de um estudo, e cada estudo é composto por um ou mais ensaios. As quatro publicações utilizadas na avaliação de PF4 são as mesmas de PF8 (tabela 2). Contudo, dessas, somente Duarte et al. (2013) apresentou dados também sobre PN.

Peso dos fetos. Para a MA foram utilizados somente o peso dos fetos aos quatro (n = 4 estudos) e aos oito meses (n = 4 estudos) de gestação. Em uma análise estratificada, a variação da diferença média de peso dos fetos foi elevada, tanto aos quatro ($I^2 = 94,4\%$) como aos oito meses de gestação ($I^2 = 91,08\%$).

Peso dos fetos aos quatro meses: Nenhuma DM significativa foi detectada para PF4, sendo a média de 1,13kg.

Peso dos fetos aos oito meses: A média do PF8 foi 27,93kg. Houve redução de 2,236kg no PF8 quando as vacas consumiram um nível de PB e NDT de 100% (IC 95% = -2,684, -1,787; $P < 0,001$; n = 2 ensaios; $I^2 = 0\%$) da recomendação do NRC (1996), em relação às que consumiram 30% abaixo de suas demandas de PB e NDT (Tabela 5). Estes resultados foram significativos apenas nos 1TRI e 2TRI.

Tabela 5. Resultados da MA para PF8 conforme período da prenhez e consumo de PB e NDT pelas vacas prenhes

Variável	Ensaio	Diferença	Intervalo de	P	I^2
----------	--------	-----------	--------------	---	-------

	s	entre médias (kg)	confiança 95%		(valor de P)
<i>Período da prenhez</i>					
Primeiro e segundo trimestre	2	-2,236	-2,684, -1,787	<0,001	0 (0,647)
Segundo e terceiro trimestre	1	6,560	2,598, 10,522	0,001	0 (0)
Toda a gestação	1	-0,089	-0,925, 0,747	0,835	0 (0)
<i>Consumo de PB</i>					
Consumo igual ao NRC (1996) no grupo controle e 30% inferior no grupo tratamento	2	-2,236	-2,684, -1,787	<0,001	0 (0,647)
<i>Consumo de NDT</i>					
Consumo igual ao NRC (1996) no grupo controle e 30% inferior no grupo tratamento	2	-2,236	-2,684, -1,787	<0,001	0 (0,647)

Peso dos bezerros ao nascimento. A média geral do PN foi 37,11kg. A análise mostrou alta heterogeneidade entre os 48 estudos ($I^2 = 96,9\%$). Os resultados agrupados desses 48 estudos, correspondente a 125 ensaios mostraram redução de 2,954kg no PN (IC 95%= -3,802, -2,106; $P < 0,001$; $n = 2$ ensaios; $I^2 = 62,4\%$) quando as vacas prenhes consumiram 100% PB, em relação à recomendação do NRC (1996) (Tabela 6). Nos

estudos em que as vacas consumiram 130% de suas demandas de PB (NRC, 1996) houve redução de 0,453kg no PN (IC 95%= -0,896, -0,009; P=0,045; n = 15 ensaios; $I^2 = 96,9\%$). Para consumo de NDT igual à recomendação do NRC (1996), houve elevação de 2,029kg no PN dos bezerros (IC 95%= 1,509, 2,549; P<0,001; n = 2 ensaios; $I^2 = 0\%$). Quando as vacas consumiram 140% de NDT (NRC, 1996), o PN foi reduzido em 2,709kg (IC 95%= -1,040, -0,050; P=0,001; n = 7 ensaios; $I^2 = 98,3\%$) em relação aos demais níveis de consumo.

Tabela 6. Resultados da MA para PN conforme período da prenhez e consumo de PB e NDT pelas vacas prenhes

Variável	Estudos	Diferença entre médias (kg)	Intervalo de confiança 95%	P	I^2 (valor de P)
<i>Período da prenhez</i>					
Primeiro trimestre	1	-1,038	-1,978, -0,098	0,030	0 (<0,001)
Segundo trimestre	2	0,187	-2,866, 3,240	0,904	98,2 (<0,001)
Terceiro trimestre	22	-0,761	-1,110, -0,412	<0,001	96,4 (<0,001)
<i>Consumo de PB</i>					
Diferença entre os grupos					
Consumo igual à demanda (NRC, 1996)	2	-2,954	-3,802, -2,106	<0,001	62,4 (0,103)
Consumo de até 130%	15	-0,453	-1,896, -	0,045	96,9

(NRC, 1996) 0,009 (< 0,001)

Consumo de NDT

Diferença entre os grupos (tratamento e controle)

Consumo igual à demanda (NRC, 1996)	2	2,029	-4,276, -1,142	<0,001	0 (0,362)
Consumo de 140% (NRC, 1996)	7	-2,709	-1,040, -0,050	0,001	98,3 (<0,001)

Viés de publicação

Os estudos incluídos nesta MA são altamente heterogêneos e, por isso, os resultados devem ser interpretados com cautela. Não houve evidência de viés de publicação nos estudos que avaliaram PF4 e PF8, uma vez que o diagrama de funil foi simétrico e não foi detectada significância nos testes estatísticos de Egger e Begg. Na análise de PN, o teste de Begg demonstrou existir viés de publicação ($P = 0,058$). Concomitantemente, o teste "trim-e-fill" indicou que seria necessário 17 ensaios adicionais para remover esse possível viés (Figura 1).

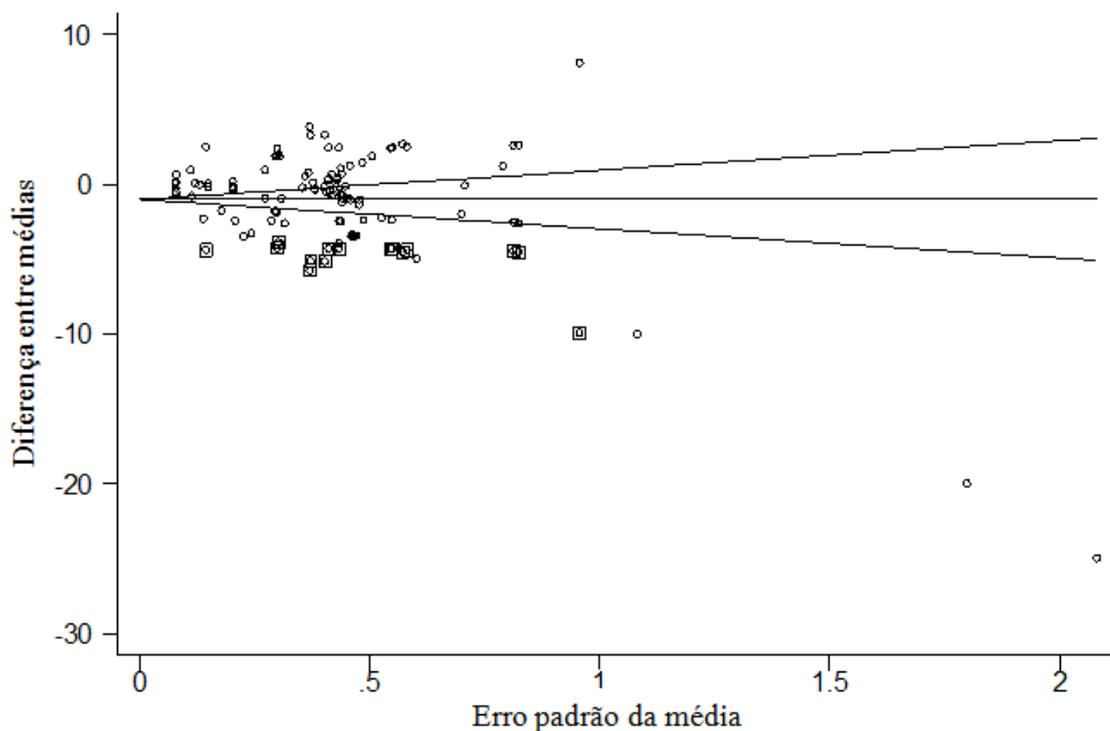


Figura 1. Gráfico “funil” obtido com o teste Duval e Tweedie "trim e fill" para modelo de efeitos aleatórios que mensura a diferença média para peso ao nascimento dos bezerros. Os círculos representam a estimativa pontual original para cada estudo (DM) e os círculos envolvidos em um quadrado representam os estudos adicionados pelo programa ($n = 17$) para criar um gráfico simétrico.

Meta-regressão

A meta-regressão, geralmente, não deve ser considerada quando há menos de dez estudos em uma MA (Borenstein, 2009). Por este motivo, essa análise não foi realizada com os dados de PF4 ($n = 4$ estudos e 6 ensaios) e PF8 ($n = 4$ estudos e 4 ensaios).

Meta-regressão para peso dos bezerros ao nascimento: Quarenta e oito estudos (n = 125 ensaios) foram submetidos à análise. Os resultados demonstraram que 96,88% da variação entre os estudos se deve ao acaso, sendo que somente 3,12% se devem à variabilidade entre os estudos. Foi identificado que com o aumento de uma unidade de ano de publicação do estudo, há uma redução de 0,075kg na DM entre os grupos controle e tratado (P = 0,003).

Metanálise acumulativa e análise de sensibilidade

Na metanálise acumulativa para PF4 e PF8, não ficou evidente nenhuma tendência ao longo dos anos. Já para PN, houve uma alteração lenta, mas evidente: até o ano de 1993 existiu tendência dos resultados favorecerem o grupo tratamento e, a partir de 1993, o controle foi o grupo favorecido.

A análise de sensibilidade para PF4 mostrou que com a retirada de três estudos (Ferrel et al., 1976; Meyer et al., 2010; Duarte et al., 2013) houve um aumento na diferença entre as médias de peso dos fetos de 0,844 kg para 1,643kg, 1,950kg e 2,351kg, respectivamente. Para PF8, a remoção de três estudos (Ferrel et al., 1976; Long et al., 2009; Meyer et al., 2010) aumentou a DM de -0,470kg para -0,221kg, 0,371kg e 0,672kg, respectivamente. Já para PN, a análise de sensibilidade mostrou que a remoção de um estudo (Zehnder et al., 2010) diminuiu a DM, que passou de -0,480kg para -0,208kg.

DISCUSSÃO

Atualmente existe um grande número disponível de estudos sobre a programação fetal em bovinos de corte, mas os resultados são bastante contraditórios e não conclusivos. Este tema tem se tornado o objetivo de numerosas pesquisas, provavelmente em função da necessidade atual de intensificação da produção animal (Barcellos et al., 2011) e da busca de carne bovina de alta qualidade (Du et al., 2015).

A busca realizada nas bases de dados abrangeu publicações a partir de 1945, quando o termo programação fetal ainda não era utilizado, mas o efeito da nutrição da vaca gestante sobre o desempenho da progênie já despertava a curiosidade dos pesquisadores (Reid et al. 1948; Corah et al., 1974; Ferrell et al., 1976; Wiltbank et al., 1965).

Metanálise

A taxa de crescimento fetal e o subsequente peso ao nascimento são os maiores determinantes da sobrevivência e crescimento pós-natal (Reynolds e Redmer, 1995). Os resultados obtidos neste estudo demonstraram que quando as vacas consumiram 100% de PB (NRC, 1996), no 1TRI e 2TRI da gestação, o PF8 foi inferior para os fetos das vacas que consumiram 70% de PB. No 1TRI e 2TRI, o crescimento da placenta, em termos de massa e proliferação celular, é máximo, e o seu tamanho e função até o final da gestação são dependentes do desenvolvimento nas fases iniciais (Erhardt e Bell, 1995). Assim, a alteração observada no PF8 pode ser atribuída a uma possível redução no desenvolvimento da placenta e ao fato do peso dos fetos ser influenciado diretamente pela formação da placenta (Kelly, 1992), a qual tem uma grande importância, principalmente por ser a provedora de nutrientes (Hyttel et al., 2012). Para Perry et al. (1999), a restrição de 7% PB no 1TRI da gestação pode melhorar o crescimento fetal

por estímulo ao crescimento e função da placenta, como uma compensação, principalmente por causar aumento no peso dos cotilédones e no volume do trofocotoderma. Ademais, tem sido sugerido que em vacas submetidas a restrição nutricional no início da gestação, a placenta pode compensar seu crescimento, principalmente, pelo aumento do tamanho das carúnculas, de modo a prover a quantidade de nutrientes necessária para o desenvolvimento fetal (Bassett, 1991; Clarke et al., 1998).

No presente estudo, quando as vacas consumiram 100% de NDT, conforme o NRC (1996), no 1TRI e 2TRI, o PF8 de suas progênes foi inferior àquelas que consumiram algum nível de NDT abaixo de suas demandas. Para Gonzalez et al. (2013), a restrição de 40% no consumo de energia de vacas de corte, aos 85 dias de gestação, causou um incremento no tamanho das fibras musculares primárias dos fetos, resultado de um aumento na atividade do IGF2. O tamanho e a quantidade de células musculares tem impacto sobre o peso corporal dos bezerros, por elevar a eficiência hipertrófica do músculo com conseqüências no aumento do peso da progênie.

Diversos estudos tem reportado que a supernutrição materna, durante a gestação, causa um incremento no desenvolvimento dos fetos e no peso ao nascer (Spitzer et al., 1995; Stalker et al., 2006). Contudo, o fornecimento de nutrientes para as vacas prenhes acima de suas demandas (NRC, 1996) pode causar efeitos adversos no crescimento da progênie (Caton e Hess, 2010). Os resultados encontrados neste estudo apontam para uma relação negativa entre consumo de PB no 3TRI da gestação e o PN. Quando as vacas consumiram PB igual ou superior à sua demanda houve redução no PN (Tabela 6). Este efeito pode ter sido mais evidente no 3TRI em função desta fase representar 75% do crescimento fetal (Robinson et al., 1977).

Teoricamente, o elevado consumo de PB pelas vacas prenhes deveria incrementar o peso dos fetos e bezerros, em função da maior disponibilidade de aminoácidos para o crescimento fetal (Long et al., 2010). Porém, há evidências, na literatura, de que fetos gerados por vacas que consomem PB acima de suas demandas possuem menor sensibilidade à insulina, o que influi diretamente na utilização da glicose pelas células e causa prejuízos ao desenvolvimento corporal (Wilson et al., 2016; Radunz et al., 2012).

Outra possível causa pode ser hormonal, já que à medida que o teor de PB consumido pelas vacas prenhes aumenta, há uma redução no nível de IGF-I circulante e, com isso, redução no peso dos bezerros ao nascimento (Sullivan et al., 2009). Visto que, o IGF-I é o principal hormônio responsável pela partição de nutrientes entre mãe e feto. Os resultados sobre PB obtidos nessa MA são importantes para os pecuaristas, pois, geralmente, a PB é um nutriente escasso nas pastagens em regiões de clima tropical (Sullivan et al., 2009).

Os dados sobre consumo de NDT pelas vacas prenhes demonstram que houve redução no PN quando o consumo foi superior à demanda. Quando o consumo foi igual à demanda houve aumento no PN, em comparação aos demais níveis. Resultados semelhantes a esse ainda são escassos em bovinos, mas relativamente comuns em outras espécies. Em ovinos, quando a ovelha prenhe consome energia em quantidades acima de suas demandas, há um estímulo à expressão de genes responsáveis pela formação de células adiposas no feto, em detrimento das células musculares, o que pode ter efeito direto sobre a redução do peso ao nascimento (Tong et al., 2009). Em humanos (Du et al., 2010a) e em bovinos (Moisá et al., 2015) isto ocorre porque a supernutrição materna leva à uma inflamação de baixo grau, causando modificações epigenéticas nas células-tronco mesenquimais (CTMs), o que atenua a miogênese e promove a adipogênese.

Essas modificações na função das CTMs, da miogênese para adipogênese e fibrogênese, resulta em aumento da gordura intramuscular e tecido conjuntivo, e redução no número e/ou diâmetro de fibras musculares, com efeitos negativos e duradouros sobre o tecido muscular. A redução no peso ao nascimento se deve ao fato de que o músculo esquelético compõe 40 a 50% da massa corporal e contém mais água em sua composição do que os demais constituintes corporais.

Em outras espécies esse efeito também pode ser observado. Nas porcas multíparas, o aumento da ingestão de proteína e energia (43%) durante os primeiros 50 dias de gestação, em dieta gestacional padrão (10,7 MJ de ED/kg e 12% CP), diminuiu o peso ao nascimento dos leitões (Bee, 2004). A alimentação superior em 40% das recomendações, durante toda a gestação, prejudica a sobrevivência e desenvolvimento pós-natal de suínos (Han et al., 2000).

Swanson et al. (2008) demonstraram que o peso ao nascer dos cordeiros é 20% a 30% inferior quando as borregas prenhes são alimentadas com 140% de seus requerimentos energéticos, do 40º dia da prenhez até o parto. Isto ocorre porque o crescimento placentário diminui entre 30% a 40%, em comparação com de ovelhas nutridas conforme suas demandas nutricionais (Da Silva et al., 2001; Wallace et al., 2006)

Os níveis restritivos (NRC, 1996) de NDT e PB para as vacas gestantes, no 3TRI, não apresentaram efeito significativo para PN no presente estudo. O mesmo ocorreu com o estudo de Fiems et al., (2005), que testaram os níveis de energia de 70%, 80%, 90% e 100% das demandas das vacas da raça Belgian Blue no trimestre final da gestação, e não obtiveram diferença no peso médio dos bezerros ao nascimento (52,5kg; $P > 0,05$). Carstens et al., (1986) também não encontraram diferença significativa para o

PN de bezerros nascidos de vacas que consumiram 55%, 91% ou 100% de suas demandas de PB no trimestre final da gestação.

Meta-regressão

Na análise de meta-regressão foi possível identificar que à medida que o ano de publicação aumentou em uma unidade, houve redução na DM de PN, favorecendo o grupo controle, ou seja, a partir do ano de 1993 os bezerros nasceram mais leves. O mesmo foi observado na metanálise acumulativa, houve uma evidente mudança de dados, de valores positivos, favorecendo o grupo tratamento, para valores negativos, favorecendo o grupo controle, a partir do ano de 1993. Provavelmente este resultado se deve à seleção de animais com baixo peso ao nascimento, que tem sido observada nos últimos anos (Garay et al., 2014). Pois, o genótipo do feto também regula o crescimento fetal, particularmente durante o período inicial a médio da gestação, antes das influências do genótipo materno e do ambiente externo (Ferrell et al., 1991). A importância da seleção para peso ao nascer ocorre principalmente por se tratar de um indicador de sobrevivência e dificuldade ao parto, que repercute sobre os custos dos sistemas de produção (Garay et al., 2014).

Em síntese, os resultados obtidos sugerem que o consumo de PB e NDT igual à demanda (NRC, 1996) das vacas, no 1TRI e 2TRI, reduz o PF8, em comparação com os níveis restritivos. Já o peso ao nascimento é reduzido quando as vacas consomem, no 3TRI, PB igual ou superior à demanda e NDT superior à demanda. O consumo de NDT igual à demanda das vacas aumenta o peso ao nascimento. Estes resultados são

importantes para os sistemas de produção em que as vacas de cria são mantidas em condições de baixo nível nutricional.

Este é o primeiro estudo que compila os dados da literatura sobre a relação da dieta de vacas de corte durante a gestação com o desenvolvimento dos fetos. Estudos futuros deverão avaliar o efeito de outros nutrientes sobre o desenvolvimento fetal, como gordura, minerais e vitaminas.

LITERATURA CITADA

- Barcellos, J.O.J., Queiroz Filho, L.A., Ceolin, C.A., Gianezini, M., McManus, C., Malafaia, G.C., and Oaigen, R.P., 2011. Technological innovation and entrepreneurship in animal production. *R. Bras. Zootec.* 40 (n. Suplemento especial), 189–200, Available at: (Acessado em Fevereiro de 2017).
- Bassett, J.M., 1991. Current perspectives on placental development and its integration with fetal growth. *Proc. Nutr. Soc.* 50, 311–319.
- Beck, T. J., Simms, D. D., Cochran, R. C., Brandt, R. T., Vanzant, E. S., and Kuhl, G. L. 1992. Supplementation of ammoniated wheat straw: performance and forage utilization characteristics in beef cattle receiving energy and protein supplements. *J. Anim. Sci.*, 70(2), 349-357.
- Bee, G. 2004. Effect of early gestation feeding, birth weight, and sex of progeny on muscle fiber characteristics of pigs at slaughter. *J. Anim. Sci.* 82, 826–836.
- Bellows, R. A., Short, R. E. 1978. Effects of precalving feed level on birth weight, calving difficulty and subsequent fertility. *J. Anim. Sci.*, 46(6), 1522-1528.
- Bellows, R.A., Short, R.E., Anderson, D.C., Knapp, and B.W., Pahnish, O.F. Cause and effect relationships associated with calving difficulty and calf birth weight. *J. Anim. Sci.*, 33(2), p. 407-415, 1971.
- Borenstein, M., Hedges, L.V., Higgins, J.P.T., and Rothstein, H.R., 2009. Introduction to meta-analysis. John Wiley and Sons, Ltd., The Atrium, Chichester, UK.
- Camacho, L. E., Lemley, C. O., Van Emon, M. L., Caton, J. S., Swanson, K. C., and Vonnahme, K. A. 2014. Effects of maternal nutrient restriction followed by realimentation during early and midgestation on beef cows. I. Maternal

- performance and organ weights at different stages of gestation. *J. Anim. Sci.*, 92(2), 520-529.
- Carstens, G. E., Johnson, D. E., Holland, M. D., and Odde, K. G. 1987. Effects of prepartum protein nutrition and birth weight on basal metabolism in bovine neonates. *J. Anim. Sci.*, 65(3), 745-751.
- Caton, J. S., Hess, B. W. 2010. Maternal plane of nutrition: Impacts on fetal outcomes and postnatal offspring responses. In Proc. 4th Grazing Livestock Nutrition Conference. BW Hess, T. DelCurto, JGP Bowman and RC Waterman (eds.) West. Sect. Am. Soc. Anim. Sci., Champaign, Ill (p. 104-122).
- Ceballos, A., Sánchez, J., Stryhn, H., Montgomery, J.B., Barkema, and H.W., Wichte, J.J. 2009. Meta-analysis of the effect of oral selenium supplementation on milk selenium concentration in cattle. *J. Dairy Sci.* 92, 324–342.
- Clarke, L., Heasman, L., Juniper, D.T., and Symonds, M.E., 1998. Maternal nutrition in early-mid gestation and placental size in sheep. *Br. J.Nutr.* 79, 359–364.
- Corah, L. R., Dunn, T. G., and Kaltenbach, C. C. 1975. Influence of prepartum nutrition on the reproductive performance of beef females and the performance of their progeny. *J. Anim. Sci.*, 41(3), 819-824.
- Corah, L. R., Quealy, A. P., Dunn, T. G., and kaltenbach, C. C. 1974. Prepartum and postpartum levels of progesterone and estradiol in beef heifers fed two levels of energy. *J. Anim. Sci.*, 39(2), 380-385.
- Da Silva, P., Aitken, R. P., Rhind, S. M., Racey, P. A., and Wallace, J. M. 2001. Influence of placentally mediated fetal growth restriction on the onset of puberty in male and female lambs. *Reproduction*, 122(3), 375-383.

- DerSimonian, R., Laird, N., 1986. Meta-analysis in clinical trials. *Control.Clin. Trials* 7, 177-188.
- Dickerson, G. Efficiency of animal production—molding the biological components. *J. Anim. Sci.*, 30, 6, 849-859, 1970.
- Domokos, Z., Zandoki, R. V., and Tózsér, J. 2011. Change of Body Condition of Charolais Cows in Relation of Birth and Weaning Weight of Calves, Process of Calving and Period until Next Pregnancy in Two Stock Herds. *Bulletin UASVM Animal Science and Biotechnologies*, 68, 1-2.
- Du, M., Yan, X., Tong, J. F., Zhao, J., and Zhu, M. J. Maternal obesity, inflammation, and fetal skeletal muscle development. *Biol. reprod.* 82(1), 4-12, 2010a.
- Du, M. Tong, J.; Zhao, J.; Underwood, K.R.; Zhu, M.; Ford, S.P. and Nathanielsz, P.W. Fetal programming of skeletal muscle development in ruminant animals. *J. Anim. Sci.* 88, Suppl., p. 5-60, 2010.
- Du, M., Huang, Y., Das, A.K., Yang, Q., Duarte, M.S., Dodson, M.V. and Zhu, M.J. Manipulating mesenchymal progenitor cell differentiation to optimize performance and carcass value of beef cattle. *J. Anim. Sci.*, 91, 1419–1427, 2013.
- Du, M., Wang, B., Fu, X., Yang, Q., and Zhu, M. J. 2015. Fetal programming in meat production. *Meat sci.*, 109, 40-47, 2015.
- Duarte, M. S., Gionbelli, M. P., Paulino, P. V. R., Serão, N. V. L., Martins, T. S., Tótaró, P. I. S and Du, M. 2013. Effects of maternal nutrition on development of gastrointestinal tract of bovine fetus at different stages of gestation. *Livest. Sci.*, 153(1), 60-65.

- Durunna, O. N., Block, H. C., Iwaasa, A. D., Thompson, L. C., Scott, S. L., Robins, C., and Lardner, H. A. 2014. Impact of calving seasons and feeding systems in western Canada. I. Postweaning growth performance and carcass characteristics of crossbred steers. *Can. J. Anim. Sci.*, 94(4), 571-582.
- Duval, S., and Tweedie, R., 2000. Trim and fill: a simple funnel-plot-based method of testing and adjusting for publication bias in meta-analysis. *Biometrics* 56, 455–463.
- Egger, M., Smith, G.D. and Altman, D.G. 2001. *Systematic reviews in health care*, second ed. MBJ Publishing Group, London, UK.
- Erhardt, R.A., Bell, A.W., 1995. Growth and metabolism of the ovine placenta during mid-gestation. *Placenta* 16, 727–741.
- Ferrell, C.L. 1991. Maternal and foetal influences on uterine and conceptus development in the cow: I. Growth of the tissues of the gravid uterus. *J. Anim. Sci.* 69:1945–1953.
- Ferrell, C. L., Garrett, W. N., & Hinman, N. 1976. Growth, development and composition of the udder and gravid uterus of beef heifers during pregnancy. *J. Anim. Sci.*, 42(6), 1477-1489.
- Fiems, L. O., Van Caelenbergh, W., Vanacker, J. M., De Campeneere, S., Seynaeve, M. 2005. Prediction of empty body composition of double-muscled beef cows. *Livestock Production Science*, 92(3), 249-259.
- Funston, R.N. and Summers, A. F. 2013. Effect of prenatal programming on heifer development. *Vet. Clinics of North America: Food Animal Practice*, v. 29, p. 517-536.

- Funston, R.N., Martim, J.L., Adams, D.C., Larson, D.M. 2010. Winter grazing system and supplementation of beef cows during late gestation influence heifer progeny. *J. Anim. Sci.*, 88, p. 4094-4101.
- Garay, O. D. V., Murillo, J. M. F., Pérez, M. J. H., Guerra, C. J. Y. Jiménez, C. M., Ríos, T. E. B., and Coma, J. R. 2014. Efectos raciales, de heterosis y parámetros genéticos para peso al nacer en una población multirracial de ganado de carne en Colombia. *Livest. Res. Rur. Devel.*, 26, 3.
- Gonzalez, J.M., Camacho, L.E., Ebarb, S.M., Swanson, K.C., Vonnahme, K. A., Stelzleni, A. M. and Johnson, S. E. Realimentation of nutrient restricted pregnant beef cows supports compensatory fetal muscle growth. *J. Anim. Sci.* 91, p.4797–4806, 2013.
- Greenwood, P. L., Hunt, A. S., Hermanson, J. W., and Bell, A. W. 2000. Effects of birth weight and postnatal nutrition on neonatal sheep: II. Skeletal muscle growth and development. *J. Anim. Sci.* 78(1), 50-61.
- Gutiérrez, V., Espasandín, A. C., Machado, P., Bielli, A., Genovese, P., and Carriquiry, M. 2014. Effects of calf early nutrition on muscle fiber characteristics and gene expression. *Livest. Sci.*, 167, 408-416.
- Han, I. K., P. Bosi, Y. Hyun, J. D. Kim, K. S. Sohn, and S. W. Kim. 2000. Recent advances in sow nutrition to improve reproductive performance. *Asian-australas. J. Anim. Sci.* 13, 335–355.
- Higgins, J.P.T., and Green, S. 2011. *Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions* Version 5.1.0 [updated March 2011]. The Cochrane Collaboration. <http://www.cochrane-handbook.org>.

- Higgins, J.P.T., Thompson, S.G., Deeks, J.J. and Altman, D.G. 2003. Measuring inconsistency in meta-analysis. *BMJ* 327, 557-560.
- Houghton, P. L., Lemenager, R. P., Horstman, L. A., Hendrix, K. S., and Moss, G. E. 1990. Effects of body composition, pre-and postpartum energy level and early weaning on reproductive performance of beef cows and preweaning calf gain. *J. Anim. Sci.* 68(5), 1438-1446.
- Hyttel P., Sinowatz, F. and Vejlsted M. 2012. *Embriologia veterinária*. Elsevier Brasil.
- Kelly, R.W. 1992. Nutrition and placental development. *Proc. Nutr. Soc. Aust.* 17, 203–211.
- Klein, S. I., Steichen, P. L., Islas, A., Goulart, R. S., Gilbery, T. C., Bauer, M. L. and Dahlen, C. R. 2014. Effects of alternate-day feeding of dried distiller's grain plus solubles to forage-fed beef cows in mid-to late gestation. *J. Anim. Sci.* 92(6), 2677-2685.
- Köster, H. H., Woods, B. C., Cochran, R. C., Vanzant, E. S., Titgemeyer, E. C., Grieger, D. M. and Stokka, G. 2002. Effect of increasing proportion of supplemental N from urea in prepartum supplements on range beef cow performance and on forage intake and digestibility by steers fed low-quality forage. *J. Anim. Sci.* 80(6), 1652-1662.
- Larson, D.M., Martin, J.L., Adams, D.C., Funston, R. N. 2009. Winter grazing system and supplementation during late gestation influence performance of beef cows and steer progeny. *J. Anim. Sci.* 87(3), p. 1147-1155.

- Lean, I J., Rabiee, A.R., Duffield, T.F. and Dohoo, I.R.. 2009. Invited review: use of meta-analysis in animal health and reproduction: methods and applications. *J. Dairy Sci.* 92, 3545–3565.
- Lobato, J. F. P., Zanotta Júnior, R. L. D. and Pereira Neto, O. A. 1998. Efeitos das dietas pré e pós-parto de vacas primíparas sobre o desenvolvimento dos bezerros. *R. Bras. Zootec.* 27(5), 863-867.
- Lodman, D. W., Petersen, M. K., Clark, C. K., Wiley, J. S., Havstad, K. M., and McInerney, M. J. 1990. Substitution of DL-methionine for soybean meal as a winter supplement for gestating cows grazing native range. *J. Anim. Sci.* 68(12), 4361-4375.
- Long, N.M., Prado-Cooper, M.J., Krehbiel, C.R.. and Wettemann, R.P. 2010. Effects of nutrient restriction of bovine dams during early gestation on postnatal growth and regulation of plasma glucose. *J. Anim. Sci.* 88, 3262-3268.
- Long, N. M., K. A. Vonnahme, B. W. Hess, P. W. Nathanielsz, and S. P. Ford. 2009. Effects of early gestational undernutrition on fetal growth, organ development, and placentomal composition in the bovine. *J. Anim. Sci.* 87,1950–1959.
- Martin, J. L., Rasby, R. J., Brink, D. R., Lindquist, R. U., Keisler, D. H., and Kachman, S. D. 2005. Effects of supplementation of whole corn germ on reproductive performance, calf performance, and leptin concentration in primiparous and mature beef cows. *J. Anim. sci.* 83(11), 2663-2670.
- Mederos, A., Waddell, L., Sánchez, J., Kelton, D., Peregrine, A.S., Menzies, P., Vanleeuwen, J. and Rajic, A. 2012. A systematic review-meta-analysis of primary research investigating the effect of selected alternative treatments on

gastrointestinal nematodes in sheep under field conditions. *Prev. Vet. Med.* 104, 1-14.

Meyer, A. M., Hess, B. W., Paisley, S. I., Du, M., and Caton, J. S. 2014. Small intestinal growth measures are correlated with feed efficiency in market weight cattle, despite minimal effects of maternal nutrition during early to midgestation. *J. Anim. Sci.* 92(9), 3855-3867.

Meyer, A. M., Reed, J. J., Vonnahme, K. A., Soto-Navarro, S. A., Reynolds, L. P., Ford, S. P., and Caton, J. S. 2010. Effects of stage of gestation and nutrient restriction during early to mid-gestation on maternal and fetal visceral organ mass and indices of jejunal growth and vascularity in beef cows. *J. Anim. Sci.* 88(7), 2410-2424.

Micke, G.C., Sullivan, T.M., Kennaway, D.J., Hernandez-Medrano, J. and Perry, V.E.A. 2015. Maternal endocrine adaptation throughout pregnancy to nutrient manipulation: consequences for sexually dimorphic programming of thyroid hormones and development of their progeny. *Theriogenology*, v.83, p. 604–615.

Micke, G. C., Sullivan, T. M., McMillen, I. C., Gentili, S. and Perry, V. E. A. 2011. Protein intake during gestation affects postnatal bovine skeletal muscle growth and relative expression of IGF1, IGF1R, IGF2 and IGF2R. *Mol. Cell. Endocrinol.* 332(1), 234-241.

Micke, G.C., Sullivan, T.M., Magalhaes, R.J.S., Rolls, P.J., Norman, S.T. and Perry, V.E.A. 2010. Heifer nutrition during early- and mid-pregnancy alters fetal growth trajectory and birth weight. *Anim. Reprod. Sci.* 117, 1–10.

- Miguel-Pacheco, G. G., Curtain, L. D., Rutland, C. S., Knott, L., Norman, S. T., Phillips, N. J. and Perry, V. E. A. 2016. Increased dietary protein in the second trimester of gestation increases live weight gain and carcass composition in weaner calves to 6 months of age. *Animal*, 1-9.
- Miner, J. L., Petersen, M. K., Havstad, K. M., McInerney, M. J. and Bellows, R. A. 1990. The effects of ruminal escape protein or fat on nutritional status of pregnant winter-grazing beef cows. *J. Anim. Sci.* 68(6), 1743-1750.
- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., Altman, D.G. and PRISMA Group, 2009. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *Open Med.* 3, 123–130.
- Moisá, S. J., Shike, D. W., Shoup, L., Rodriguez-Zas, S. L., and Loor, J. J. 2015. Maternal plane of nutrition during late gestation and weaning age alter Angus× Simmental offspring longissimus muscle transcriptome and intramuscular fat. *PloS one*, DOI: 10(7), e0131478.
- Moriel, P., Artioli, L.F. A., Piccolo, M.B., Marques, R.S. Poore, M.H. and Cooke, R.F. 2016. Frequency of wet brewers grains supplementation during late gestation of beef cows and its effects on offspring postnatal growth and immunity. *J. Anim. Sci.* 94, p. 2553–2563, doi:10.2527/jas2016-0427
- NRC - National Research Council. Nutrient requirements of beef cattle. 7. ed. Washington, D.C.: p. 110. 1996.
- Pate, F. M., Sanson, D. W. and Machen, R. V. 1990. Value of a molasses mixture containing natural protein as a supplement to brood cows offered low-quality forages. *J. Anim. Sci.* 68(3), 618-623.

- Perry, V. E. A., Norman, S. T., Owen, J. A., Daniel, R. C. W., and Phillips, N. 1999. Low dietary protein during early pregnancy alters bovine placental development. *Anim. Reprod. Sci.* 55(1), 13-21.
- Perry, R. C., Corah, L. R., Cochran, R. C., Beal, W. E., Stevenson, J. S., Minton, J. E. and Brethour, J. R. 1991. Influence of dietary energy on follicular development, serum gonadotropins, and first postpartum ovulation in suckled beef cows. *J. Anim. Sci.* 69(9), 3762-3773.
- Pruitt, R. J., and Momont, P. A. 1987. Effects of body condition on reproductive performance of range beef cows.
- Radunz, A. E., F. L. Fluharty, M. L. Day, H. N. Zerby, and S. C. Loerch. 2010. Prepartum dietary energy source in beef cows: I. Effects on pre- and postpartum cow performance. *J. Anim. Sci.* 88:2717–2728.
- Radunz, A. E., Fluharty, F. L., Relling, A. E., Felix, T. L., Shoup, L. M., Zerby, H. N. and Loerch, S. C. 2012. Prepartum dietary energy source fed to beef cows: II. Effects on progeny postnatal growth, glucose tolerance, and carcass composition. *J. Anim. Sci.* 90(13), 4962-4974.
- Rehfeldt, C., Te Pas, M.F., Wimmers, K., Brameld, J.M., Nissen, P.M., Berri, C., Valente, L.M., Power, D.M., Picard, B., Stickland, N.C. and Oksbjerg, N. 2011. Advances in research on the prenatal development of skeletal muscle in animals in relation to the quality of muscle-based food. I. Regulation of myogenesis and environmental impact. *Animal* 5, 718–730.
- Reid, J. T., Ward, G. M., and Salsbjry, R. 1948. Mineral metabolism studies in dairy cattle. 4. Effects of mineral supplementation of the prepartal diet upon the

composition of the blood of cows and their calves at parturition. *J. Nutrit.* 36, 75-89.

Reynolds, L. P. Redmer, D. A. 1995. Utero-placental vascular development and placental function. *J. Anim. Sci.* 73(6), 1839-1851.

Robinson, J. J. 1977. The influence of maternal nutrition on ovine foetal growth. *Proc. Nutrit. Soc.* 36(1), 9-16.

Samadi, F., Phillips, N.J., Blache, D., Martin, G.B. and D'occhio, M.J. 2013. Interrelationships of nutrition, metabolic hormones and resumption of ovulation in multiparous suckled beef cows on subtropical pastures. *Anim. Reprod. Sci.* 137, 137, p. 44.

Shell, T. M., Early, R. J., Carpenter, J. R., Vincent, D. L., and Buckley, B. A. 1995. Prepartum nutrition and solar radiation in beef cattle: I. Relationships of body fluid compartments, packed cell volume, plasma urea nitrogen, and estrogens to prenatal development. *J. Anim. Sci.* 73(5), 1289-1302.

Sims, P. L. and Bailey, D. W. 1995. Calf production by Angus-Hereford and Brahman-Hereford cows on two native rangeland forage systems. *J. Anim. Sci.* 73(10), 2893-2902.

Soto-Murillo, H. W., Faulkner, D. B., Gianola, D. and Cmarik, G. F. 1993. Effect of breed of sire, breed of dam, pasture program and of their interactions on preweaning performance of crossbred beef calves. *Livest. Prod. Sci.* 33(1-2), 55-66.

Spitzer, J. C., Morrison, D. G., Wettemann, R. P. and Faulkner, L. C. 1995. Reproductive responses and calf birth and weaning weights as affected by body

- condition at parturition and postpartum weight gain in primiparous beef cows. *J. Anim. Sci.* 73(5), 1251-1257.
- Stalker, L.A.; Adams, D.C.; Klopfenstein, T.J.; Feuz, D.M. and Funston, R.N. 2006. Effects of pre and postpartum nutrition on reproduction in spring calving cows and calf feedlot performance. *J. Anim. Sci.* 84, 2582-2589.
- Sterne, Jonathan AC, Matthias Egger, and George Davey Smith. 2001. "Investigating and dealing with publication and other biases." *Systematic Reviews in Health Care: Meta-Analysis in Context, Second Edition (2001):* 189-208.
- Sullivan T, Micke G, Perkins N, Martin G, Wallace C, Gatford K, Owens J and Perry V. 2009. Dietary protein during gestation affects maternal IGF, IGFBP, leptin concentrations, and fetal growth in heifers. *J. Anim. Sci.* 87, 3304–3316.
- Summers, A. F., Meyer, T. L. and Funston, R. N. 2015a. Impact of supplemental protein source offered to primiparous heifers during gestation on I. Average daily gain, feed intake, calf birth body weight, and rebreeding in pregnant beef heifers. *J. Anim. Sci.* 93(4), 1865-1870.
- Summers, A. F., Blair, A. D. and Funston, R. N. 2015. Impact of supplemental protein source offered to primiparous heifers during gestation on II. Progeny performance and carcass characteristics. *J. Anim. Sci.* 93(4), 1871-1880.
- Swanson, L. D., Bewtra, C., Swanson, L. D. and Bewtra, C. 2008. Increase in normal placental weights related to increase in maternal body mass index. *J. Matern Fetal Neonatal Med*, 21(2), 111-113.
- Thompson, S. G. 2001. "Systematic Reviews in Health Care Meta-analysis in Context". 157-p175.

Tong, J.F., Yan, X., Zhu, M.J., Ford, S.P., Nathanielsz, P.W. and Du, M. 2009.

Maternal obesity downregulates myogenesis and β -catenin signaling in fetal skeletal muscle. *Am. J. Physiol. Endocrinol. Metab.* 296, p. 917-924.

Wallace, J. M., Luther, J. S., Milne, J. S., Aitken, R. P., Redmer, D. A., Reynolds, L. P.,

and Hay, W. W. 2006. Nutritional modulation of adolescent pregnancy outcome—a review. *Placenta*, 27, 61-68.

Wilson, T. B., Long, N. M., Faulkner, D. B., and Shike, D. W. 2016. Influence of

excessive dietary protein intake during late gestation on drylot beef cow performance and progeny growth, carcass characteristics, and plasma glucose and insulin concentrations. *J. Anim. Sci.* 94(5), 2035-2046.

Wilson, T. B., Faulkner, D. B. and Shike, D. W. 2016b. Influence of prepartum dietary

energy on beef cow performance and calf growth and carcass characteristics. *Livest. Sci.* 184, 21-27.

Wilson, T. B., Schroeder, A. R., Ireland, F. A., Faulkner, D. B. and Shike, D. W. 2015.

Effects of late gestation distillers grains supplementation on fall-calving beef cow performance and steer calf growth and carcass characteristics. *J. Anim. Sci.* 93(10), 4843-4851.

Wilson, T. B., Faulkner, D. B. and Shike, D. W. 2015b. Influence of late gestation

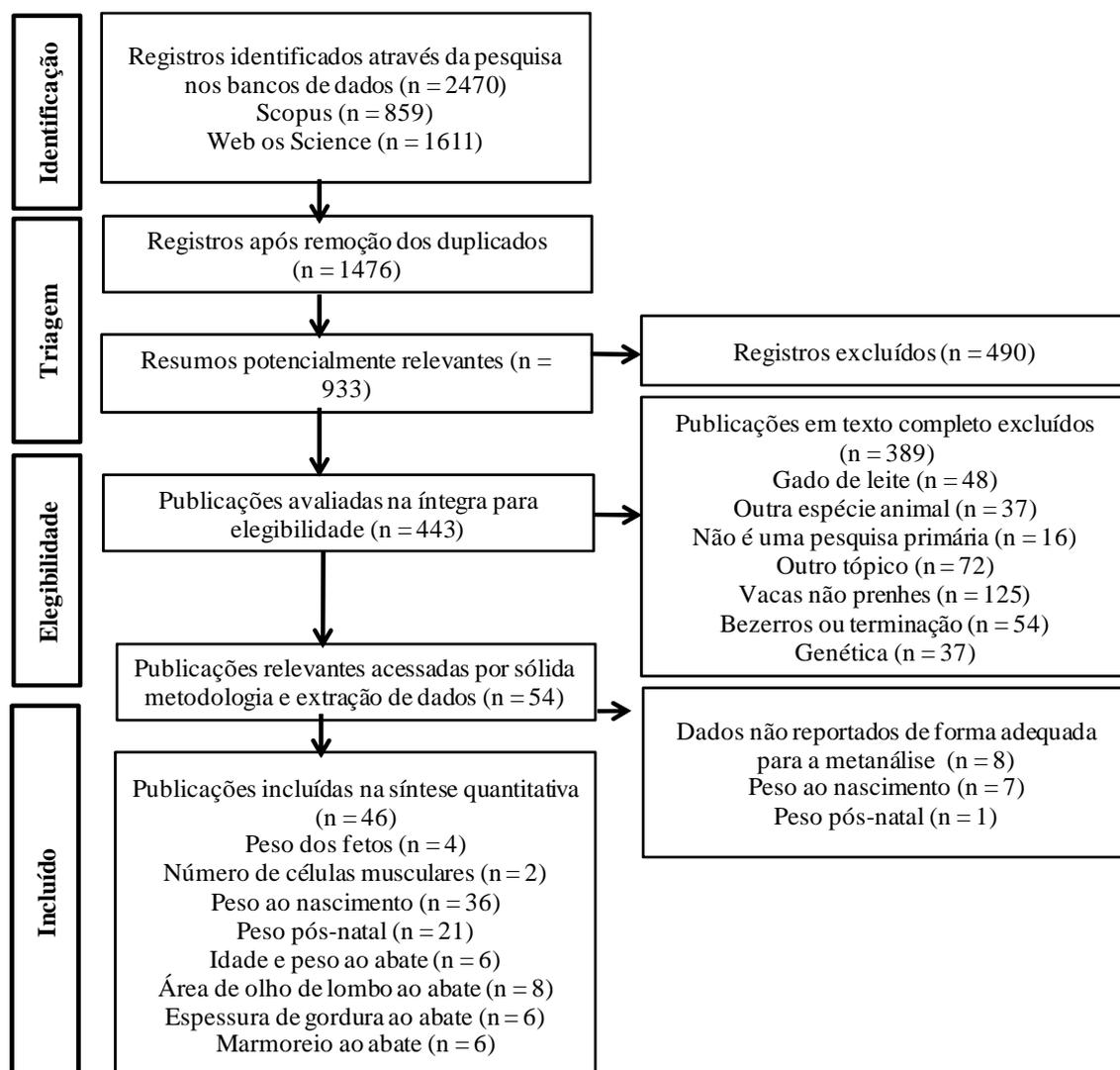
drylot rations differing in protein degradability and fat content on beef cow and subsequent calf performance. *J. Anim. Sci.* 93(12), 5819-5828.

Wiltbank, J.N. 1994. Challenges for improving calf crop. Factors affecting calf crop, 1-

22.

- Wiltbank, J.N.; Bond, J.; Warwick, E.J.; Davis, R.E.; Cook, A.C.; Reynolds, W.L. and Hazen, M.W. 1965. Influence of total feed and protein intake on reproductive performance of the beef female through second calving. Technical bulletin no. 1314. USDA, Washington, DC, USA.
- Wiltbank, J. N., Rowden, W. W., Ingalls, J. E., Geegoey, K. E. and Koch, R. M. 1962. Effect of energy level on reproductive phenomena of mature Hereford cows. *J. Anim. Sci.* 21(2), 219-225.
- Winterholler, S. J., McMurphy, C. P., Mourer, G. L., Krehbiel, C. R., Horn, G. W. and Lalman, D. L. 2012. Supplementation of dried distillers grains with solubles to beef cows consuming low-quality forage during late gestation and early lactation. *J. Anim. Sci.* 90(6), 2014-2025.
- Winterholler, S. J., Lalman, D. L., Hudson, M. D. and Goad, C. L. 2009. Supplemental energy and extruded-expelled cottonseed meal as a supplemental protein source for beef cows consuming low-quality forage. *J. Anim. Sci.* 87(9), 3003-3012.
- Wood, K. M., Kelly, M. J., Miller, S. P., Mandell, I. B., and Swanson, K. C. 2010. Effect of crop residues in haylage-based rations on the performance of pregnant beef cows. *Can. J. Anim. Sci.* 90(1), 69.
- Zehnder, C. M., Maddock, T. D., DiCostanzo, A., Miller, L. R., Hall, J. M. and Lamb, G. C. 2010. Using alfalfa leaf meal as a supplement in late-gestation beef heifer and nursing beef calf diets. *J. Anim. Sci.* 88(6), 2132-2138.

APÊNDICES



APÊNDICE 1. Diagrama de fluxo com o número de publicações incluídas e excluídas em cada nível. Adaptado de Moher et al. (2009).

* Todos os resultados da busca são apresentados na figura para facilitar a compreensão do número total de registros encontrados.

APÊNDICE 2. Publicações relevantes e excluídas da base de dados final da metanálise

Referência	País	Tratamento	Razão para exclusão
Corah et al., 1974	EUA	Nível energético	Não apresenta resultados buscados neste estudo
Camacho et al., 2014	EUA	Nível energético	Não apresenta resultados buscados neste estudo
Domokos et al., 2011	Hungria	Diferentes forrageiras	Dados insuficientes sobre a dieta das vacas
Funston et al., 2010	EUA	Nível protéico	Não apresenta resultados buscados neste estudo
Lobato et al., 1998	Brasil	Diferentes forrageiras	Dados insuficientes sobre a dieta das vacas
Meyer et al., 2014	EUA	Nível energético e protéico	Não apresenta resultados buscados neste estudo
Micke et al., 2010	Austrália	Nível energético e protéico	Houve alteração na dieta ao longo do estudo
Micke et al., 2015	Austrália	Nível protéico	Houve alteração na dieta ao longo do estudo

APÊNDICE 3. Resumo da avaliação para a solidez metodológica de 39 publicações que relataram 56 estudos incluídos nesta MA

Variável	Avaliação	Número de publicações (estudos)	
		Peso dos fetos	Peso ao nascimento
O tamanho da amostra foi			
justificado?	Sim	0 (0)	0 (0)
	Não	4 (4)	35 (52)
Como as vacas foram designadas			
aos grupos?	Randomização ¹	0 (0)	1 (1)
	Aleatório ²	0 (0)	0 (0)
	Sistemático ³	0 (0)	0 (0)
	Conveniência ou não reportado ⁴	4 (4)	34 (51)
O protocolo de intervenção foi			
descrito em detalhes suficientes para ser replicado?	Sim	4 (4)	35 (52)
	Não	0 (0)	0 (0)
	Documento de referência	0 (0)	0 (0)
O autor relatou se o cegamento	Sim	0 (0)	0 (0)

foi usado para avaliar o
resultado?

Não 4 (4) 35 (52)

Com base no delineamento do
estudo, o agrupamento⁵ foi
considerado apropriado para a
análise?

Sim 0 (0) 0 (0)

Não 0 (0) 0 (0)

Não aplicável 4 (4) 35 (52)

Foram identificados fatores de
confusão controlados ou
testados?

Sim, na análise⁶ 0 (0) 0 (0)

Sim, na inclusão/exclusão⁷ 0 (0) 0 (0)

Sim, na correspondência⁸ 0 (0) 0 (0)

Não⁹ 4 (4) 35 (52)

Não aplicável¹⁰ 0 (0) 0 (0)

A análise estatística foi descrita
adequadamente para poder ser
reproduzida?

Sim 4 (4) 35 (52)

Não 0 (0) 0 (0)

Documento de referência 0 (0) 0 (0)

Análise estatística não

realizada

0 (0)

0 (0)

¹ Computador ou tabela de números aleatórios definidos *a priori*, amostra aleatória estratificada, amostra aleatória de cluster.

² Relatório aleatório do(s) autor(es), sem descrição da aleatorização.

³ "n" amostras obtidas em intervalos x ou estratificadas por certas características.

⁴ A amostragem por conveniência indicada ou amostragem não foi relatada no trabalho.

⁵ O agrupamento foi avaliado quando medidas repetidas foram relatadas.

⁶ Autor identificou e controlou nas análises os fatores de confusão

⁷ Os fatores de confusão foram identificados e incluídos/excluídos *a priori*.

⁸ Os fatores de confusão foram controlados *a priori* por correspondência em certas características.

⁹ Não foram feitos ajustes para os fatores de confusão/modificadores de efeitos, etc., identificados pelo autor.

¹⁰ Os fatores de confusão não foram identificados pelo autor ou a randomização foi usada para controlar os fatores de confusão.

CAPÍTULO III¹

¹Manuscrito elaborado conforme as normas da Animal (Apêndice 2)

Nutrição de vacas de corte durante a gestação e seus efeitos sobre o peso pós-natal e qualidade da carcaça de suas progênes – uma metanálise

Daniele Zago^a, Maria Eugênia Andrighetto Canozzi^a, Júlio Otávio Jardim Barcellos^{a,*}

^a *Departamento de Zootecnia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Av. Bento Gonçalves nº 7712, 91540-000, Porto Alegre, RS, Brasil.*

** Autor correspondente: Departamento de Zootecnia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Av. Bento Gonçalves nº 7712, 91540-000, Porto Alegre, RS, Brasil. Tel.: +55 51 3308 6042. E-mail: julio.barcellos@ufrgs.br*

Short title: Nutrição na prenhez e desempenho pós-natal da progênie

Abstract

Este estudo avaliou o efeito dos níveis de energia (NDT) e PB fornecidos às vacas de corte durante a gestação sobre o peso corporal pós-natal de suas progênes aos 60 (PV60), 100 (PV100), 180 (PV180) e 205 (PV205) dias de vida, idade, peso, ganho médio diário (GMD), área de olho de lombo (AOL), marmoreio e espessura de gordura (EG) ao abate. Foi realizada uma revisão sistemática da literatura e uma metanálise (MA) a partir de duas bases de dados eletrônicas, Scopus e ISI Web of Science, além da avaliação de referências de revisões bibliográficas sobre o tema. Os critérios de inclusão foram estudos completos, realizados em vacas de corte prenhes submetidas a diferentes dietas, que avaliassem o peso corporal pós-natal e/ou peso, GMD, idade ao abate ou características da carcaça das progênes. Os dados foram extraídos usando protocolos pré-definidos. A MA para efeitos randomizados foi realizada para cada indicador separadamente com as médias dos grupos controle e tratado (DM= diferença entre médias). A análise realizada considerou os níveis de NDT e PB em relação às exigências nutricionais das vacas (NRC, 1996). Para os pesos corporais pós-natal foram avaliadas 20 publicações, correspondentes a 38 estudos, 88 ensaios e 9.332 animais; para idade e peso ao abate, seis publicações, seis estudos, oito ensaios e 425 animais; para GMD ao abate, cinco publicações, cinco estudos, nove ensaios e 237 animais; para AOL, oito publicações, oito estudos, 10 ensaios e 567 animais; para marmoreio, seis publicações, seis estudos, oito ensaios e 311 animais; para EG, seis publicações, seis estudos, oito ensaios e 311 animais. A DM para PV60 foi de 1,923kg (IC 95%: -2,616, -1,230; $P < 0,001$, $n = 3$ ensaios;

$r^2 = 78,9\%$) e 1,676kg (IC 95%: -1,924, -1,427; $P < 0,001$, $n = 2$ ensaios, $r^2 = 78,9\%$) inferior quando suas mães consumiram, respectivamente, PB e NDT acima de suas demandas no terceiro trimestre da gestação. Já a DM para PV205 foi 3,122kg inferior (IC 95%: -4,299, -1,945; $P < 0,001$; $n = 3$ ensaios; $r^2 = 92,6\%$) quando as vacas consumiram até 120% de NDT no segundo e terceiro trimestre da gestação respectivamente. Os novilhos cujas mães consumiram PB e NDT acima de suas demandas (120%), no terceiro trimestre da gestação, foram abatidos 5,5 dias antes que os filhos das vacas que consumiram os demais níveis nutricionais (IC 95%: -9,918, -1,086; $P = 0,015$, $n = 3$ ensaios; $r^2 = 98,5\%$). O GMD foi superior quando as vacas consumiram até 180% de PB (DM= 1,476 kg/dia; IC 95%: 0,129, 2,822; $P = 0,032$, $n = 4$ ensaios; $r^2 = 96,1\%$) e NDT (DM= 1,451 kg/dia; IC 95%: -0,528, 3,259; $P < 0,001$, $n = 3$ ensaios; $r^2 = 97,5\%$) acima do recomendado. O marmoreio foi 1,689 pontos superior (IC 95%: 0,750, 2,629; $P < 0,001$; $n = 4$ ensaios; $r^2 = 91,7\%$) nos novilhos cujas mães consumiram PB e NDT superiores (120%) às suas demandas. A DM para EG foi superior nos novilhos cujas mães consumiram até 130% de PB (DM = 2,407mm; IC 95%: 1,910, 2,904; $P < 0,001$; $n = 2$ ensaios; $r^2 = 0\%$) e até 120% de NDT (DM = 2,370mm; IC 95%: 2,109, 2,631; $P < 0,001$; $n = 5$ ensaios; $r^2 = 0\%$) acima das recomendações no trimestre da gestação. O consumo de PB pelas vacas gestantes no terceiro trimestre da gestação, acima das recomendações do NRC (1996), reduz o PV60 e a idade ao abate e eleva o marmoreio e a EG da carcaça. Por outro lado, o consumo de NDT acima da demanda das vacas prenhes reduz PV60, PV205 e idade ao abate e eleva GMD, marmoreio e EG ao abate.

Palavras-chave: abate, área de olho de lombo, espessura de gordura, marmoreio, programação fetal

Introdução

Atualmente diversos estudos tem demonstrado que a qualidade da carne bovina não depende apenas da nutrição pós-natal, mas também do desenvolvimento dos tecidos muscular e adiposo durante o desenvolvimento pré-natal (Wu *et al.*, 2006; Gonzalez *et al.*, 2013; Duarte *et al.*, 2014). Para Du *et al.* (2010) o manejo nutricional tem potencial para ser mais efetivo durante o período pré-natal quando comparado ao período pós-natal da vida de um animal.

O estado nutricional materno é um dos fatores que implicam na programação fetal, através da partição de nutrientes no pré e pós-parto e, em última análise, no crescimento e desenvolvimento dos tecidos (Wu *et al.*, 2006). Sabe-se que os mamíferos nascem com o número pré-determinado de células musculares e adiposas que terão na sua vida pós-natal. Após o nascimento, essas células apenas aumentam em tamanho (hipertrofia), e não em número (hiperplasia) (Du *et al.*, 2010).

Aparentemente o feto cria condições adaptativas ao seu desenvolvimento frente aos desafios nutricionais durante a gestação. Essas adaptações podem ocorrer através da produção de hormônios (Radunz *et al.*, 2012; Gonzalez *et al.*, 2013; Wilson *et al.*, 2016) ou de mudanças na expressão de genes

responsáveis pela composição corporal (Duarte *et al.*, 2014; Moisés *et al.*, 2015; Du *et al.*, 2015; Wang *et al.*, 2015), afetando diretamente o peso vivo e as características da carcaça, medidas de elevado interesse comercial (Du *et al.*, 2015). Essas alterações podem ser causadas por super alimentação (Duarte *et al.*, 2014; Wilson *et al.*, 2016) ou subnutrição materna (Perry *et al.*, 1999; Mossa *et al.*, 2013; Moisés *et al.*, 2016).

Para Wilson *et al.* (2016), a super alimentação elevou a espessura de gordura, o grau de acabamento e o rendimento de carcaça ao abate dos novilhos filhos de vacas alimentadas com nível de proteína de 129% (NRC, 1996) no terço final da gestação. Semelhante ao relatado por Duarte *et al.* (2014), que sugere que o consumo de 1,5 vezes a energia demandada para manutenção, pelas vacas prenhes, melhora a adipogênese sem comprometer a miogênese no feto. Por outro lado, para Mossa *et al.* (2013) a subnutrição materna reduziu a área de olho de lombo nos fetos filhos de vacas que consumiram 60% da energia recomendada pelo NRC (1996), do primeiro até o 110º dia da gestação, em comparação com aquelas que foram alimentadas conforme suas demandas. O peso de bezerros aos 105 dias de vida, gerados por vacas que sofreram restrição nutricional dos 190 dias da gestação até o parto foi inferior ao peso dos filhos de vacas que consumiram nível de energia conforme as recomendações do NRC (1996).

Esses dados evidenciam a importância da programação fetal em bovinos, e o conhecimento dos mecanismos que geram essas respostas permite o desenvolvimento de estratégias para aumentar o crescimento muscular e adiposo na progênie (Du *et al.*, 2010), porém os resultados disponíveis na

literatura são conflitantes. Com o uso da revisão sistemática e metanálise, este estudo busca avaliar resultados de pesquisas sobre informações sobre o consumo de energia e PB pelas vacas de corte, durante a gestação, e a sua relação com o peso pós-natal, peso ao abate e características da carcaça das progênes.

Material e métodos

Questão e protocolo de pesquisa

Este estudo identificou os efeitos do consumo de NDT e PB pelas vacas prenhes e seus efeitos sobre o peso pós-natal e qualidade da carcaça de suas progênes. A estratégia de pesquisa foi definida baseada em população, intervenção e resultado (tabela 1).

Tabela 1. *Termos de busca para população, intervenção e resultado utilizados na revisão sistemática*

Acrônimo	Descritores
População	"cow calf" or "beef cattle" or "beef heifer" or "beef dams" or "cow calf herd" or cow*
Intervenção	nutrition or energy or supplemen* or protein or feed* or aliment*
Resultado	"fetal programming" or "fetal growth" or "birth weight" or "compensatory growth" or "weaning weight" or "quality of muscle fiber" or adipogenesis or myogenesis

A população estudada foi vacas de corte prenhes; as intervenções, consumo de energia (NDT) e PB pelas vacas prenhes; para grupos comparativos considerou-se grupos semelhantes de animais submetidos ao mesmo tratamento com ou sem intervenção; e os resultados, peso corporal das progênes aos 60 (PV60), 100 (PV100), 180 (PV180) e 205 (PV205) dias de vida, ganho médio diário (GMD), idade, peso, área de olho de lombo (AOL), marmoreio e espessura de gordura (EG) ao abate. A pesquisa também encontrou resultados sobre a fase pré-natal, peso dos fetos e peso ao nascer dos bezerros, porém tais resultados foram descritos em outro artigo para evitar sobrecarga de informações. Os trabalhos considerados relevantes deveriam conter, pelo menos, um dos resultados de interesse. Nesse estudo não foram consideradas publicações que avaliassem o desenvolvimento animal relacionado à função reprodutiva da fêmea. Um protocolo de busca foi adaptado a partir de formulário previamente utilizado (Mederos *et al.*, 2012) e pré-testado antes da sua implementação.

Métodos de pesquisa para identificação de estudos

Uma lista de termos de pesquisa e algoritmos finais foi resumida em componentes populacionais, de intervenção e de resultado: ("cow calf" or "beef cattle" or "beef heifer" or "beef dams" or "cow calf herd" or cow*) AND (nutrition or energy or supplemen* or protein or feed* or aliment*) AND ("fetal programming" or "fetal growth" or "birth weight" or "compensatory growth" or "weaning weight" or "quality of muscle fiber" or adipogenesis or myogenesis).

Foram utilizadas duas bases de dados eletrônicas, Scopus (Elsevier, 1960-2016) e Web of Science (Thompson Reuters, 1945-2016). A pesquisa foi realizada em maio de 2015 e atualizada em outubro de 2016. A verificação da busca incluiu uma pesquisa manual nas referências de duas revisões de literatura relevantes sobre o tema (Du *et al.*, 2013; Funston e Summers, 2013). Todas as referências foram exportadas para o software EndNote Web para organização e remoção manual das referências duplicadas.

Crítérios de seleção dos estudos e seleção da relevância

Quatro revisores foram treinados para a triagem dos estudos mediante avaliação de 30 resumos. Nessa etapa, foi realizada a identificação de estudos potencialmente relevantes encontrados na literatura. As referências foram avaliadas de forma independente por dois revisores mediante leitura do título, do resumo e das palavras-chave. Quando a resposta de ambos os revisores fosse “não” para uma ou mais questões, a referência era eliminada. Eventuais divergências foram solucionadas através de consenso e, caso não houvesse consenso, outro revisor era consultado. Foram incluídos estudos randomizados e não randomizados. Nenhuma restrição de idioma e ano de publicação foi imposta nessa etapa. Em todas as etapas da revisão sistemática RS foi utilizado o software Microsoft Excel®.

Metodologia de avaliação e processo de extração dos dados

O formulário de extração dos dados foi construído de acordo com modelos utilizados em outros estudos. Publicações com mais de um experimento foram duplicadas e os dados extraídos como estudos independentes a fim de obter o máximo de detalhes possível. As informações extraídas foram estratificadas em gerais (população do estudo, intervenção, indicadores avaliados e resultados) e aquelas relacionadas ao manuscrito (autores, ano de publicação e idioma original).

Considerações sobre a coleta e a manipulação dos dados

Para cada variável resposta avaliada foi construído um banco de dados. Nesse banco continha a média, o erro padrão da média ou outra medida de dispersão disponível, o valor de probabilidade e o número de animais avaliados em cada grupo (controle e tratado). As variáveis resposta foram expressas em unidade padrão: peso pós-natal (kg), idade ao abate (dias), peso ao abate (kg), GMD (kg/dia), AOL (cm²), marmoreio (pontos – USDA) e EG (mm).

Para fins de comparação do aporte nutricional, foi calculado o nível de NDT e PB consumida pelas vacas como uma proporção das suas exigências (%) (NRC,1996). Já nos estudos que não relataram o teor de energia e proteína total da dieta ofertada, as mesmas foram calculadas com base na quantidade de cada alimento que compunha as dietas, multiplicada pelo seu teor de NDT e PB (%) estabelecido pelo NRC (1996).

Para aqueles estudos que reportavam somente o valor de probabilidade, a estimativa do desvio padrão comum foi obtido com o uso de t-estatístico,

assumindo que os dados tinham uma distribuição normal, com a seguinte fórmula (Ceballos *et al.*, 2009; Mederos *et al.*, 2012):

$$S_p = \frac{(x_2 - x_1)}{t(\alpha dfE) \sqrt{(1/n_2) + (1/n_1)}}$$

Em que: $x_2 - x_1$ representa a diferença entre as médias; $t(\alpha dfE)$ é o percentil da referida distribuição, e n é o tamanho da amostra de cada grupo.

Avaliação da qualidade dos dados

A Ferramenta de Risco de Viés da Colaboração Cochrane (*Cochrane Collaboration Risk of Bias Tool*) (Higgins e Green, 2011) foi utilizada para avaliar o risco de viés de publicação, nos estudos incluídos na MA, com uma modificação. Para o domínio cegamento de avaliadores dos resultados considerou-se o risco de viés como baixo para peso pós-natal, idade, peso GMD, AOL e EG ao abate, uma vez que são mensuradas com o uso de balança, régua ou outro equipamento objetivo de mensuração.

Metanálise

Os estudos incluídos nesta metanálise (MA) foram aqueles que reportaram dados quantitativos suficientes para estimar a diferença entre médias (DM) entre os grupos controle e tratado e seu intervalo de confiança a 95%. Para os resultados de peso pós-natal, os valores obtidos fizeram referência ao período observado em cada estudo (60, 100, 180 e 205 dias pós-natal). Já para GMD,

idade, peso, marmoreio, EG e AOL ao abate foram considerados os períodos de mensurações de cada estudo.

Como pressuposto da existência da variabilidade entre os estudos, considerou-se a presença de heterogeneidade na análise quantitativa com o uso do método DerSimonian e Laird (1986). As análises estatísticas foram realizadas no software Stata V 14.0 (StataCorp., Texas, USA).

Para cada variável resposta foi gerada a medida de efeito combinada e o intervalo de confiança a 95% (*forest plot*). O Q de Cochran (teste de heterogeneidade qui-quadrado) e I^2 (porcentagem de variação total entre os estudos, devido à heterogeneidade e não ao acaso) foram calculados com base no consumo de NDT e PB da vaca prenhe e no resultado de interesse. A magnitude do I^2 foi interpretada na ordem de 25, 50 e 75%, considerada como baixa, moderada ou alta heterogeneidade, respectivamente (Higgins *et al.*, 2003).

Viés de publicação

O viés de publicação foi avaliado na forma gráfica e estatística através do *funnel plot* e dos testes de correlação de Begg's e regressão linear de Egger para cada variável resposta de interesse. Na presença de alguma evidência de viés de publicação, foi utilizado o método "trim e fill" (Duval e Tweedie, 2000).

Meta-regressão

Para explorar as fontes de heterogeneidade dos dados foi realizada a análise de meta-regressão univariada, através do método-de-momentos (Borenstein et al., 2009). Foram avaliadas as seguintes variáveis: randomização (sim ou não), agrupamento (não aplicável, sistemático, conveniência ou proposital, randomizado, não reportado), identificação e controle de fatores de confusão (não, sim ou não aplicável), ano de publicação do estudo, continente (América do Norte, América do Sul, América Central, Ásia, Oceania, Europa e África), grupo racial das vacas e do touro (*Bos taurus* - Continental, *Bos taurus* - Britânica, *Bos indicus* e cruzas), período de avaliação (dias), tamanho da amostra, ordem de parição (multíparas ou primíparas), lactante (sim ou não), período da prenhez (primeiro (1TRI), segundo (2TRI) ou terceiro trimestre (3TRI)), sistema de produção (confinamento ou pasto) e condição corporal (escala 1-9; conforme Pruitt e Momont, 1987).

Metanálise acumulativa e análise de sensibilidade

A metanálise acumulativa permite atualizar a medida do efeito global a cada momento em que resultados de um novo estudo são publicados. Com maior frequência, essa análise é conduzida com o sorteio cronológico dos estudos, permitindo identificar o momento em que o efeito do tratamento foi significativo em relação ao controle (Egger *et al.*, 2001; Borenstein *et al.*, 2009). A análise de sensibilidade foi conduzida para verificar se determinados estudos possuem impacto na medida de efeito. Foi realizada com a retirada manual de um estudo por vez e avaliação se a DM variou em 30%, para mais ou para menos, antes da reinserção desse estudo e retirada do próximo.

Resultados

Seleção de estudos

O estudo identificou 2470 citações, das quais foram selecionadas 443 para leitura na íntegra, sendo 389 excluídas a partir da validação metodológica e extração de dados (Figura Suplementar S1). Das publicações restantes, oito não continham dados suficientes para realizar a análise quantitativa (Tabela Suplementar S1). Por fim, 25 referências sobre peso corporal pós-natal, idade, peso, GMD, AOL, marmoreio e EG ao abate foram incluídas na presente RS-MA (Tabela 2).

Tabela 2. Resumo descritivo de cada estudo relevante que foi incluído nesta metanálise e meta-regressão (25)

Referência	País	População em estudo		Dieta testada (grupo controle/tratamento)	Medida de resultado
		(número de estudos/tamanho da amostra total)	Intervenção		
Bellows <i>et al.</i> , 1978	EUA	2/128	Níveis de NDT	Feno/feno e concentrado	PV205 ¹
Corah <i>et al.</i> , 1975	EUA	2/101	Níveis de NDT	Feno e concentrado	PV180 ²
Durunna <i>et al.</i> , 2014	Canadá	1/198	Níveis de NDT	Feno/forragem	PV205, idade, peso e AOL ³ ao abate
Houghton <i>et al.</i> , 1990	EUA	1/160	Níveis de NDT	Concentrado/silagem e concentrado	PV60 ⁴ , PV100 ⁵ e PV205
Koster <i>et al.</i> , 2002	EUA	3/342	Níveis de NDT	Feno, forragem e	PV180

				concentrado	
Larson <i>et al.</i> , 2009	EUA	1/24	Níveis de PB	Forragem/palha e concentrado	PV180 e PV205
Long <i>et al.</i> , 2010	EUA	1/20	Níveis de NDT	Feno e concentrado/forragem	PV205, idade, peso, GMD ⁶ , AOL, EG ⁷ e marmoreio ao abate
Martin <i>et al.</i> , 2005	EUA	1/233	Níveis de NDT	Feno e concentrado	PV205
Meyer <i>et al.</i> , 2014	EUA	1/36	Níveis de NDT e PB	Feno e concentrado	Idade, peso e GMD ao abate
Micke <i>et al.</i> , 2011	Austrália	1/68	Níveis de PB	Feno, palha e concentrado	AOL ao abate
Mohrhauser <i>et al.</i> , 2015	EUA	1/11	Níveis de NDT	Forragem, feno e concentrado	EG, AOL e marmoreio ao abate

Moisá <i>et al.</i> , 2015	EUA	1/20	Níveis de NDT e PB	FORAGE/forragem e concentrado	Idade, peso, GMD, EG, AOL e marmoreio ao abate
Moriel <i>et al.</i> , 2016b	EUA	1/30	Níveis de NDT	Feno, silagem e concentrado	PV205
Pate <i>et al.</i> , 1990	EUA	1/514	Níveis de NDT	Forragem e concentrado	PV205
Perry <i>et al.</i> , 1991	EUA	1/13	Níveis de NDT	Feno e concentrado	PV60
Radunz <i>et al.</i> , 2012	EUA	1/270	Níveis de NDT	Feno/feno e concentrado	PV100 e PV180
Sims e Bailey 1995	EUA	7/658	Níveis de NDT	Forragem e concentrado	PV205
Soto-Murillo <i>et al.</i> , 1993	EUA	1/276	Níveis de NDT	Feno/feno e silagem	PV180 e PV205

Summers <i>et al.</i> , 2015	EUA	1/114	Níveis de PB	Feno/feno e concentrado	GMD, EG, AOL e marmoreio ao abate
Stalker <i>et al.</i> , 2006	EUA	1/362	Níveis de PB	Forragem e concentrado/forragem	PV180 e PV205
Wilson <i>et al.</i> , 2015	EUA	1/177	Níveis de NDT	Forragem/forragem e concentrado	PV60, PV100, idade, peso, GMD, EG, AOL e marmoreio ao abate
Wilson <i>et al.</i> , 2015b	EUA	1/163	Níveis de PB	Feno/concentrado e palha	PV100, idade, peso, EG, AOL e marmoreio ao abate
Winterholler <i>et al.</i> , 2009	EUA	1/96	Níveis de NDT e PB	Forragem, feno e concentrado	PV180
Winterholler <i>et al.</i> ,	EUA	1/118	Níveis de NDT e	Feno e concentrado	PV100 e PV205

2012

PB

Wood *et al.*, 2010 Canadá

1/71

Nível de PB

Feno

PV205

¹ Peso vivo aos 205 dias de vida

² Peso vivo aos 180 dias de vida

³ Área de olho de lombo

⁴ Peso vivo aos 60 dias de vida

⁵ Peso vivo aos 100 dias de vida

⁶ Ganho médio diário

⁷ Espessura de gordura

Os grupos de tratamento avaliados nesta RS-MA foram: PV60 (n = 3 estudos), PV100 (n = 5 estudos), PV180 (n = 10 estudos), PV205 (n = 20 estudos), idade (n = 6 estudos), peso ao abate (n = 6 estudos), GMD ao abate (n = 5 estudos), AOL (n = 8 estudos), marmoreio (n = 6 estudos) e EG (n = 6 estudos).

Das dietas utilizadas nos estudos, 15 avaliaram o nível de energia consumido pelas vacas prenhes; seis, o nível de proteína; e seis, os níveis de energia e proteína. Vinte e cinco publicações foram incluídas, as quais representaram 35 estudos, 88 ensaios e 4.203 animais. As principais características dos estudos incluídos são apresentadas na tabela 3.

Tabela 3. *Características descritivas das 25 publicações relatando 35 estudos incluídos na metanálise*

Variável	Descrição	Categorias	Número de publicações (estudos)
Delineamento do estudo	Tipo de delineamento utilizado no estudo	Estudos controle	25 (35)
	Tipo de nutriente testado	Nível de energia	15 (25)
Tratamento		Nível de proteína	5 (5)

		Nível de energia e proteína	5 (5)
Ano de publicação	Ano de publicação do estudo	1962-2000	7 (15)
		2000-2016	18 (20)
Ordem de parição	Novilha ou vaca	Primípara	20 (22)
		Múltipara	2 (3)
		Primíparas e múltiparas	3 (10)
Período da prenhez	Período da gestação em que o estudo foi realizado	Primeiro trimestre	2 (3)
		Segundo trimestre	6 (8)
		Terceiro trimestre	10 (10)
		Primeiro e segundo trimestre	3 (4)
		Segundo e terceiro trimestre	2 (8)
		Toda a gestação	2 (2)
Aleitamento	Vacas aleitando ou não o bezerro da gestação	Em aleitamento	2 (2)
		Não aleitamento	21 (31)

		anterior	
			Ambos 1 (1)
			Não informado 1 (1)
Sistema de produção	Sistema de produção em que as vacas foram submetidas durante o estudo	Sistema extensivo	15 (23)
		Sistema intensivo	10 (12)
Tempo de duração do experimento		1 a 90 dias	9 (16)
		90 a 180 dias	12 (15)
		180 a 280 dias	4 (4)
Grupo racial das vacas	Raça da vaca	<i>Bos taurus</i> - Britânica	16 (25)
		Cruza <i>Bos indicus</i> x Britânica	1 (1)
		Cruza <i>Bos indicus</i> , <i>Bos taurus</i> Britânica, <i>Bos taurus</i> Continental	1 (1)
		<i>Bos taurus</i> Continental x Britânica	6 (7)

		<i>Bos taurus</i> Britânica e cruza Continental x Britânica	1 (1)
Grupo racial dos touros	Raça do touro	<i>Bos taurus</i> - Britânica	7 (8)
		<i>Bos taurus</i> - Continental	3 (10)
		Cruza <i>Bos indicus</i> - Britânica	1 (1)
		Cruza <i>Bos indicus</i> , <i>Bos</i> <i>taurus</i> Britânica, <i>Bos</i> <i>taurus</i> Continental	1 (1)
		<i>Bos taurus</i> Continental e Britânica	1 (1)
		Não reportado	12 (14)
Continente		América do Sul	1 (1)
		América do Central	0 (0)
		América do Norte	24 (34)
		Oceania	0 (0)
		Europa	0 (0)
		Ásia	0 (0)

		África	0 (0)
Tamanho da amostra	Número de animais na população em estudo	n<50	8 (8)
		n = 51 a 100	3 (3)
		n>100	14 (24)

Risco de viés

Diferentemente das medidas objetivas (peso pós-natal e idade, peso, GMD, AOL e EG ao abate), a análise de marmoreio ao abate, é uma medida subjetiva, já que é realizada pela interpretação visual do avaliador pela atribuição de um valor referente a uma escala numérica (Marbling Score - USDA). Contudo, os trabalhos avaliados não fizeram menção em relação ao cegamento do avaliador dessa medida, sendo o risco de viés considerado como “não claro”. De maneira geral, diversos estudos falharam em detalhar as informações de viés de publicação. (Tabelas Suplementar S2 e Tabela 4).

Tabela 4. Avaliação da qualidade metodológica do risco de viés (classificado como baixo, não claro e alto) dos 25 publicações, incluídas nesta metanálise, sobre peso corporal aos 60 (PV60), 100 (PV100), 180 (PV180) e 205 dias (PV205) de vida, idade, peso e ganho médio diário (GMD) ao abate, área de olho de lombo (AOL), marmoreio e espessura de gordura (EG) ao abate

Referência	Geração de sequência aleatória	Ocultação de alocação	Relato seletivo	Variável resposta	Cegamento de avaliadores de resultados	Resultados incompletos
Bellows <i>et al.</i> , 1978	Alto	Não claro	Não claro	PV205	Baixo	Baixo
Corah <i>et al.</i> , 1975	Alto	Não claro	Não claro	PV180	Baixo	Baixo
Durunna <i>et al.</i> ,	Alto	Não claro	Não claro	PV205, idade, peso e AOL	Baixo	Baixo

Year	Author	Year	Year	Year	Year	Year	
2014					ao abate		
	Houghton <i>et al.</i> , 1990	Alto	Não claro	Não claro	PV60, PV100 e PV205	Baixo	Baixo
	Koster <i>et al.</i> , 2002	Alto	Não claro	Não claro	PV180	Baixo	Baixo
	Larson <i>et al.</i> , 2009	Alto	Não claro	Não claro	PV180 e PV205	Baixo	Baixo
	Long <i>et al.</i> , 2010	Alto	Não claro	Não claro	PV205, idade, peso, GMD, AOL, EG e marmoreio ao abate	Não claro	Baixo
	Martin <i>et al.</i> , 2005	Alto	Não claro	Não claro	PV205	Baixo	Baixo
	Meyer <i>et al.</i> , 2014	Alto	Não claro	Não claro	Idade, peso e GMD ao abate	Baixo	Baixo

Micke <i>et al.</i> , 2011	Alto	Não claro	Não claro	AOL ao abate	Baixo	Baixo
Mohrhauser <i>et al.</i> , 2015	Alto	Não claro	Não claro	EG, AOL e marmoreio ao abate	Não claro	Baixo
Moisá <i>et al.</i> , 2015	Alto	Não claro	Não claro	Idade, peso, GMD, EG, AOL e marmoreio ao abate	Não claro	Baixo
Moriel <i>et al.</i> , 2016b	Alto	Não claro	Não claro	PV205	Baixo	Baixo
Pate <i>et al.</i> , 1990	Alto	Não claro	Não claro	PV205	Baixo	Baixo
Perry <i>et al.</i> , 1991	Alto	Não claro	Não claro	PV60	Baixo	Baixo
Radunz <i>et al.</i> ,	Alto	Não claro	Não claro	PV100 e PV180	Baixo	Baixo

2012

Sims e Bailey
1995

Alto Não claro Não claro PV205 Baixo Baixo

Soto-Murillo *et al.*, 1993

Alto Baixo Não claro PV180 e PV205 Baixo Baixo

Summers *et al.*, 2015

Alto Baixo Não claro GMD, EG, AOL e marmoreio ao abate Não claro Baixo

Stalker *et al.*,
2006

Alto Baixo Não claro PV180 e PV205 Baixo Baixo

Wilson *et al.*,
2015

Alto Não claro Não claro PV60, PV100, idade, peso, GMD, EG, AOL e marmoreio ao abate Não claro Baixo

Wilson <i>et al.</i> , 2015b	Alto	Não claro	Não claro	PV100, idade, peso, EG, AOL e marmoreio ao abate	Não claro	Baixo
Winterholler <i>et al.</i> , 2009	Alto	Baixo	Não claro	PV180	Baixo	Baixo
Winterholler <i>et al.</i> , 2012	Alto	Baixo	Não claro	PV100 e PV205	Baixo	Baixo
Wood <i>et al.</i> , 2010	Alto	Não claro	Não claro	PV205	Baixo	Baixo

Metanálise

Vinte e cinco publicações com 35 estudos foram incluídos na MA. O número de publicações, estudos, ensaios e tipo de medidas de resultado disponíveis para as análises estatísticas são apresentados na tabela 2.

Peso corporal pós-natal das progênies. A variação da diferença média dos pesos pós-natal dos bezerros atribuível à heterogeneidade foi elevada ($I^2 = 99,3\%$; $P < 0,001$). A média de peso dos animais nos três estudos aos 60 dias de vida foi 96,23kg, sendo que a DM para os bezerros foi 1,923kg (IC 95%: -2,616, -1,230; $P < 0,001$; $n = 3$ ensaios; $I^2 = 78,9\%$) e 1,676kg (IC 95%: -1,924, -1,427; $P < 0,001$, $n = 2$ ensaios; $I^2 = 78,9\%$) mais leves quando suas mães consumiram PB e NDT acima de suas demandas, respectivamente (Tabela 5). Esses efeitos de consumo foram significativos somente no 3TRI da gestação (MD: 1,676kg; IC 95%: -1,924, -1,427; $P < 0,001$; $n = 2$ ensaios; $I^2 = 78,9\%$).

Para PV100 nenhuma variável testada apresentou DM significativa. Já para PV180, em que a média de peso dos animais dos 31 ensaios foi 230,99kg, foi encontrada uma tendência à redução nesse resultado (DM: -0,619kg; IC 95%: -1,253, 0,014; $P = 0,055$; $n = 2$ ensaios; $I^2 = 81,2\%$) quando as vacas prenhes consumiram até 20% menos NDT que suas demandas (NRC, 1996).

Para PV205, a média de peso dos animais dos 38 ensaios foi 240,81kg. Não houve DM significativa para consumo de PB, porém os bezerros foram mais leves (DM: -3,122kg; IC 95%: -4,299, -1,945; $P < 0,001$; $n = 3$ ensaios; $I^2 = 92,6\%$) quando suas mães consumiram até 120% de NDT (NRC, 1996). Esse

efeito foi significativo apenas nos estudos em que as vacas foram avaliadas no 2TRI e 3TRI.

Tabela 5. Resultados da metanálise para período da gestação e consumo de PB e NDT pelas vacas prenhes para peso pós-natal dos bezerros

Variável	Estudos	DM (kg)	Intervalo de confiança 95%	P	I^2 (valor de P)
<i>Peso corporal aos 60 dias de vida</i>					
Período da prenhez					
Segundo e terceiro	1	-	-8,128, -2,994	<0,001	0 (<0,001)
		5,561			
Terceiro	2	-	-1,924, -1,427	<0,001	0 (<0,001)
		1,676			
PB (diferença entre os grupos)					
Consumo superior à demanda em ambos os grupos	3	-	-2,616, -1,230	<0,001	78,9 (0,235)
		1,923			
PB (quantidade consumida)					
Redução de 80%	2	-	-7,249, 0,546	0,092	89,1

			3,351			(0,002)
Elevação de 30% a 80%	1	-	-2,135, -1,437	<0,001	0 (<0,001)	
			1,786			
NDT (diferença entre os grupos)						
Consumo superior à demanda em ambos os grupos	2	-	-1,924, -1,427	<0,001	0 (<0,001)	
			1,676			
Consumo superior à demanda no grupo controle e inferior no grupo tratado	1	-	-8,128, -2,994	<0,001	0 (<0,001)	
			5,561			
NDT (quantidade consumida)						
Redução de 30% a 40%	1	-	-1,917, -1,208	<0,001	0 (<0,001)	
			1,562			
Elevação de até 20%	1	-	-2,135, -1,437	<0,001	0 (<0,001)	
			1,786			

Peso corporal aos 180 dias de vida

PB (diferença entre os grupos)						
Consumo superior à demanda em ambos os	5	-	-0,721, 0,508	0,734	97,2	
			0,107		(<0,001)	

grupos

Consumo inferior à	2	-	-7,046, 2,895	0,413	97,7
demanda em ambos os		2,076			(<0,001)

grupos

Consumo superior à	1	1,507	-3,426, 6,440	0,549	94,6
demanda no grupo					(<0,001)

controle e inferior no
tratamento

NDT (diferença entre os
grupos)

Consumo superior à	6	-	-1,452, 0,928	0,666	98,2
demanda em ambos os		0,262			(<0,001)

grupos

Consumo inferior à	2	0,477	-0,476, 1,429	0,326	97,5
demanda em ambos os					(<0,001)

grupos

Consumo superior à	2	-	-1,253, 0,014	0,055	81,2
demanda no grupo		0,619			(<0,001)

controle e inferior no
tratamento

Consumo inferior à	1	-	-5,361, -2,457	<0,001	0 (0,997)
demanda no grupo		3,909			

controle e superior no
tratamento

NDT (quantidade
consumida)

Redução de até 20%	2	-	-1,253, 0,014	0,055	81,2
		0,619			(<0,001)

Peso corporal aos 205 dias de vida

Período da prenhez

Primeiro trimestre	1	1,451	0,455, 2,448	0,004	0 (<0,001)
Terceiro trimestre	8	-	-2,068, -0,232	0,014	97,7
		1,150			(<0,001)
Segundo e terceiro trimestre	2	-	-13,136, -	<0,001	99,9
		9,305	5,475		(<0,001)
Toda a prenhez	2	3,998	-5,083,	0,388	99,7
			13,078		(<0,001)

PB (diferença entre os
grupos)

Consumo superior à demanda em ambos os grupos	5	-	-1,578, 0,677	0,433	97,2
		0,451			(<0,001)
Consumo inferior à demanda em ambos os grupos	4	-	-5,315, 0,884	0,161	98,8
		2,216			(<0,001)
Consumo superior à	2	-	-2,729, 2,448	0,915	93,7

demanda no grupo controle e inferior no tratamento		0,140				(<0,001)
Consumo inferior à demanda no grupo controle e superior no tratamento	1	-	-2,142, -1,529	<0,001	0	(1,000)
		1,835				
NDT (diferença entre os grupos)						
Consumo superior à demanda em ambos os grupos	6	-	-1,594, 0,595	0,371	95,8	(<0,001)
		0,499				
Consumo inferior à demanda em ambos os grupos	2	0,315	-2,412, 3,041	0,821	98,9	(<0,001)
Consumo superior à demanda no grupo controle e inferior no tratamento	3	-	-2,690, 2,433	0,922	97,7	(<0,001)
		0,128				
Consumo inferior à demanda no grupo controle e 20% superior no tratamento	3	-	-4,299, 1,945	<0,001	92,6	(<0,001)
		3,122				

Ganho médio diário, idade e peso ao abate das progênies. Todos os animais dos estudos avaliados foram mantidos em confinamento no período de terminação.

Não houve efeito significativo na DM das variáveis testadas para peso ao abate (Tabela 6), sendo a média de peso dos animais dos oito ensaios de 566,37kg. Contudo, novilhos de mães avaliadas no 3TRI da gestação foram abatidos 5,5 dias antes dos filhos de vacas avaliadas nos demais períodos (IC 95%= -9,918, -1,086; P = 0,015; n = 3 ensaios, $I^2 = 98,5\%$), com uma média de idade ao abate de 452,43 dias (n = 8 ensaios). A média de GMD nos nove estudos avaliados foi 1,692kg/dia. Os novilhos do grupo tratado obtiveram GMD de 1,476kg superior aos do grupo controle quando as vacas do grupo tratado consumiram de 110% a 162% de PB e as do grupo controle consumiram de 104% a 130% de PB (NRC, 1996), (IC 95%= 0,129, 2,822; P = 0,032; n = 4 ensaios; $I^2 = 96,1\%$), (NRC, 1996). Quando as vacas prenhes do grupo controle consumiram NDT de até 100% acima da recomendação do NRC (1996), os novilhos tiveram GMD 1,451kg superior a níveis abaixo da recomendação.

Tabela 6. Resultados da metanálise para período da gestação e consumo de PB e NDT pelas vacas prenhes para idade, peso e GMD ao abate

Variável	Estudos	DM	Intervalo de confiança 95%	P	I^2 (valor de P)
<i>Idade ao abate (dias)</i>					

Período da prenhez					
Primeiro trimestre	1	0,000	-1,240, 1,240	1,000	0
Terceiro trimestre	3	-5,502	-9,918, -1,086	0,015	98,5 ($<0,001$)
Primeiro e segundo trimestre	1	0,000	-0,462, 0,462	1,000	0 (1,000)
Toda a prenhez	1	-1,728	-2,054, -1,401	$<0,001$	0

PB

(Diferença entre os grupos)

Consumo superior à recomendação NRC em ambos os grupos	3	-5,502	-9,918, -1,086	0,015	98,5 ($<0,001$)
--	---	--------	----------------	-------	----------------------

NDT

(Diferença entre os grupos)

Consumo superior à recomendação NRC em ambos os grupos	3	-5,502	-9,918, -1,086	0,015	98,5 ($<0,001$)
--	---	--------	----------------	-------	----------------------

Peso ao abate (kg)

Período da prenhez					
Primeiro trimestre	1	2,954	1,048, 4,859	0,002	0

Terceiro trimestre	3	0,809	-1,339, 2,956	0,461	96,4
					(<0,001)
Primeiro e segundo trimestre	1	0,826	-2,338, 3,991	0,609	96,2
					(<0,001)
Toda a prenhez	1	-2,392	-2,758, -2,026	<0,001	0
PB					
(Diferença entre os grupos)					
Consumo superior à recomendação NRC em ambos os grupos	5	0,331	-1,727, 2,389	0,753	98,4
					(<0,001)
Consumo superior à recomendação NRC no grupo controle e inferior no tratado	1	2,954	1,048, 4,859	0,002	0
PB					
(Diferença entre os grupos)					
Consumo superior à recomendação NRC em ambos os grupos	4	-0,035	-2,911, 2,840	0,981	99,0
					(<0,001)
Consumo inferior à recomendação NRC	1	2,461	1,379, 3,542	<0,001	0

em ambos os grupos						
Consumo superior à recomendação NRC no grupo controle e inferior no tratado	1	2,414	1,342, 3,486	<0,001	0	
Consumo inferior à recomendação NRC no grupo controle e superior no tratado	2	0,219	-5,019, 5,458	0,935	95,7 (<0,001)	
<i>GMD ao abate (kg/dia)</i>						
Período da prenhez						
Primeiro trimestre	1	1,246	-0,136, 2,627	0,077	0 (<0,001)	
Terceiro trimestre	3	1,366	-0,528, 3,259	0,157	97,5 (<0,001)	
Primeiro e segundo trimestre	1	1,657	-0,148, 3,462	0,072	89,9 (<0,001)	
PB						
(Diferença entre os grupos)						
Consumo superior à recomendação NRC em ambos os grupos	4	1,476	0,129, 2,822	0,032	96,1 (<0,001)	
Consumo inferior à	1	1,246	-0,136, 2,627	0,077	0 (<0,001)	

recomendação NRC						
no grupo controle e superior no tratado						
PB (Nível consumido)						
Elevação de até 30%	2	2,378	1,589, 3,166	<0,001	0 (0,685)	
Elevação de 30% a 80%	2	2,274	1,753, 2,796	<0,001	0 (0,596)	
Elevação acima de 80%	1	0,000	-0,800, 0,800	1,000	0	
NDT						
(Diferença entre os grupos)						
Consumo superior à recomendação NRC em ambos os grupos	3	1,451	-0,528, 3,259	<0,001	97,5 (<0,001)	
Consumo inferior à recomendação NRC em ambos os grupos	1	2,535	1,439, 3,631	0,157	0	
Consumo superior à recomendação NRC no grupo controle e inferior no tratado	1	0,000	-0,800, 0,800	0,002	0	
Consumo inferior à	2	1,962	0,706, 3,218	1,000	51,3 (0,152)	

recomendação NRC						
no grupo controle e superior no tratado						
NDT (Nível consumido)						
Elevação de 30%	1	1,246	-0,136, 2,627	0,077	0	
Elevação de 100%	1	2,535	1,439, 3,631	<0,001	0	

Área de olho de lombo ao abate das progênies. A média de AOL nos 10 ensaios avaliados foi 83,18 cm². Não houve diferença significativa para período da prenhez, consumo de PB e NDT.

Marmoreio ao abate das progênies. A média de marmoreio nos animais dos oito ensaios avaliados foi 534,90 pontos. O marmoreio foi 1,689 pontos superior nos novilhos de mães avaliadas no 3TRI da prenhez (IC 95%= 0,750, 2,629; P<0,001; n = 4 ensaios; $\hat{r}^2 = 91,7\%$) (Tabela 7). Houve superioridade de 1,689 pontos no marmoreio dos novilhos quando as vacas consumiram PB até 62% e NDT 20% superior (IC 95% = 0,750, 2,629; P<0,001; n = 4 ensaios; $\hat{r}^2 = 91,7\%$) às recomendações do NRC (1996), em comparação com os demais níveis de consumo.

Espessura de gordura ao abate das progênies. A média de EG dos animais dos oito ensaios avaliados foi 1,51 cm. A EG foi superior nos novilhos cujas

mães consumiram até 30% de PB e até 23% de NDT (IC 95% = 2,095, 2,623; $P < 0,001$; $n = 4$ ensaios; $I^2 = 0\%$) acima das recomendações do NRC (1996), (Tabela 7). Esses resultados foram significativos apenas para o 3TRI da prenhez (2,359 cm; IC 95% = 2,095, 2,623; $P < 0,001$; $n = 4$ ensaios; $I^2 = 0\%$).

Tabela 7. Resultados da metanálise para período da gestação e consumo de PB e NDT pelas vacas prenhes para AOL, marmoreio e EG ao abate de suas progênie

Variável	Estudos	DM	Intervalo de confiança 95%	P	I^2 (valor de P)
<i>AOL cm²</i>					
Período da prenhez					
Primeiro trimestre	1	0,930	-0,391, 2,251	0,168	-
Segundo trimestre	2	-2,729	-3,351, -2,108	<0,001	0 (0,990)
Terceiro trimestre	4	-1,593	-3,399, 0,212	0,084	97,8 (<0,001)
Toda a prenhez	1	-2,406	-2,772, -2,039	<0,001	-
PB (Diferença entre os grupos)					
Consumo superior à recomendação do NRC	1	-2,719	-4,447, -0,991	0,002	0

em ambos os grupos						
Consumo inferior à	1	-2,731	-3,397, -2,065	<0,001	0	
recomendação do NRC						
em ambos os grupos						
NDT (Diferença entre os						
grupos)						
Consumo superior à	1	-2,719	-4,447, -0,991	0,002	0	
recomendação NRC em						
ambos os grupos						
Consumo superior à	1	-2,731	-3,397, -2,065	<0,001	0	
recomendação NRC no						
grupo controle e inferior						
no tratado						
<i>Marmoreio ao abate (pontos)</i>						
Período da prenhez						
Primeiro trimestre	1	2,157	1,033, 3,282	<0,001	0	
Segundo trimestre	1	-2,716	-4,443, -0,989	0,002	0	
Terceiro trimestre	4	1,689	0,750, 2,629	<0,001	91,7	
						(<0,001)
PB (Diferença entre os						
grupos)						
Consumo superior à	4	1,689	0,750, 2,629	<0,001	91,7	
recomendação NRC em						

ambos os grupos						(<0,001)
PB (Quantidade consumida)						
Elevação de até 30%	2	-0,006	-4,731, 4,718	0,998	98,1	(<0,001)
Elevação de 30% a 80%	1	2,314	1,709, 2,919	<0,001	0	
NDT (Diferença entre os grupos)						
Consumo superior à recomendação NRC em ambos os grupos	4	1,689	0,750, 2,629	<0,001	91,7	(<0,001)
Elevação de até 20%	5	1,170	0,114, 2,226	0,030	93,3	(<0,001)
Sistema de produção						
Extensivo	2	-0,038	-4,703, 4,627	0,987	98	(<0,001)
Intensivo	2	2,392	2,088, 2,696	<0,001	0 (0,997)	
<i>Espessura de gordura (cm)</i>						
Período da prenhez						
Primeiro trimestre	1	0,000	-0,877, 0,877	1,000	0	
Segundo trimestre	1	2,869	1,090, 4,648	0,002	0	
Terceiro trimestre	4	2,359	2,095, 2,623	<0,001	0 (1,000)	

PB (Diferença entre os grupos)					
Consumo superior à recomendação NRC em ambos os grupos	4	2,359	2,095, 2,623	<0,001	0 (1,000)
PB (Quantidade consumida)					
Elevação de até 30%	2	2,407	1,910, 2,904	<0,001	0 (0,987)
Elevação de 30% a 80%	1	2,298	1,694, 2,901	<0,001	0
NDT (Diferença entre os grupos)					
Consumo superior à recomendação NRC em ambos os grupos	4	2,359	2,095, 2,623	<0,001	0 (1,000)
NDT (Quantidade consumida)					
Elevação de até 20%	5	2,370	2,109, 2,631	<0,001	0 (0,999)
Sistema de produção					
Extensivo	2	2,318	1,782, 2,855	<0,001	0 (0,881)
Intensivo	2	2,372	2,069, 2,675	<0,001	0 (0,997)

Viés de publicação

Os estudos incluídos nesta MA são altamente heterogêneos e, por isso, os resultados devem ser interpretados com cautela. O teste de Begg foi significativo apenas nos estudos que avaliaram marmoreio ($P = 0,048$), indicando que há evidência de viés de publicação para essa variável. O teste "trim e fill" indicou que nove ensaios adicionais seriam necessários para remover este aparente viés nos dados de marmoreio ao abate (Figura 1).

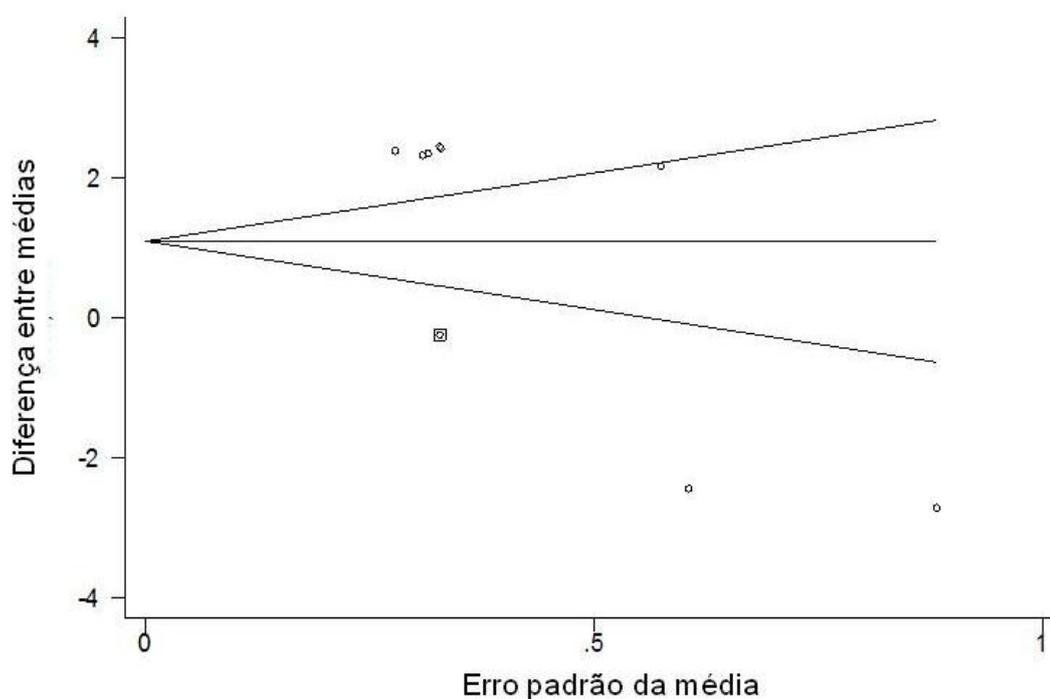


Figura 1. Gráfico "funil" obtido com teste "trim e fill" de Duval e Tweedie para modelo de efeitos aleatórios que mede o padrão de diferença média para marmoreio ao abate. Os círculos representam a estimativa pontual original para cada estudo (DM) e os círculos envolvidos em um quadrado representam os estudos que o programa imputou ($n = 9$) para criar um gráfico simétrico.

A meta-regressão, de maneira geral, não deve ser considerada quando há menos de dez estudos em uma MA (Borestein, 2009). Por este motivo, esta análise não foi realizada com os dados de PV60 (n = 3 estudos e 3 ensaios), PV100 (n = 5 estudos e 5 ensaios), idade e peso ao abate (n = 6 estudos e 8 ensaios), GMD ao abate (n = 5 estudos e 9 ensaios), AOL ao abate (n = 8 estudos e 10 ensaios), marmoreio ao abate (n = 6 estudos e 8 ensaios) e EG ao abate (n = 6 estudos e 8 ensaios). Para as demais variáveis nenhum resultado foi significativo.

Metanálise acumulativa e análise de sensibilidade

Nenhuma evidência foi encontrada para os resultados avaliados para sequência cronológica independente do resultado de interesse. Na análise de sensibilidade, a remoção de alguns estudos alterou a DM das variáveis PV60, PV100, PV180, PV205 e AOL e marmoreio ao abate (Tabela 8).

Tabela 8. Alterações na DM das variáveis PV60, PV100, PV180, PV205 e AOL e marmoreio ao abate com a remoção de estudos

Variável	DM	Amplitude na alteração da DM	Estudo influente
PV60 (kg)	-1,923	-3,451	Houghton <i>et al.</i> , 1990
		-3,351	Wilson <i>et al.</i> , 2015
PV100 (kg)	-0,573	-0,400	Radunz <i>et al.</i> (2012)

		-1,363	Winterholler <i>et al.</i> (2012)
		-0,382	Corah <i>et al.</i> , 1975
		-0,219	Soto-Murillo <i>et al.</i> , 1993
PV180 (kg)	-0,163	-0,277	Koster <i>et al.</i> , 2002
		-0,046	Koster <i>et al.</i> , 2002
		0,035	Koster <i>et al.</i> , 2002
		-0,017	Larson <i>et al.</i> , 2009
PV205 (kg)	-2,983	-0,693	Pate <i>et al.</i> , 1990
AOL (cm ²)	-1,654	-2,234	Wilson <i>et al.</i> , 2015b
		1,756	Mohrhauser <i>et al.</i> , 2015
Marmoreio	1,299	1,946	Moisá <i>et al.</i> , 2015
		0,452	Summers <i>et al.</i> , 2015

Discussão

Peso corporal pós-natal

O consumo de PB pelas vacas prenhes influenciou apenas o PV60 no 3TRI da gestação (Tabela 5). O PV60 foi reduzido quando o consumo de PB pelas vacas prenhes foi superior às suas demandas (NRC, 1996), em comparação com os demais níveis de consumo. Wilson *et al.* (2016) também não encontraram efeito significativo em vacas prenhes que consumiram 129% de PB, no terço final da gestação, sobre o peso ao desmame dos bezerros aos

121 dias de vida. Para esses autores, assim como para Radunz *et al.* (2012), os bezerros cujas mães consomem PB acima de suas demandas durante a gestação possuem menor sensibilidade à insulina, o que influi diretamente na utilização da glicose pelas células e causa prejuízos ao desenvolvimento corporal. De forma semelhante, à medida que o teor de PB consumido pelas vacas prenhes aumenta, há uma redução no nível de IGF-I circulante, principal hormônio responsável pela partição de nutrientes entre mãe e feto, com consequência na redução do peso dos bezerros (Sullivan *et al.*, 2009).

A ingestão de energia pelas vacas de corte, no 2TRI e 3TRI, acima dos níveis recomendados pelo NRC (1996) restringe o crescimento das progênes até os 205 dias de vida (Tabela 5), no PV180 houve apenas uma tendência ($P = 0,055$) à redução. O PV205 foi inferior com o aumento no consumo de NDT pelas vacas prenhes, possivelmente porque no 2TRI a miogênese secundária pode ter sido prejudicada. Se apenas o 3TRI tivesse sido significativo, os bezerros teriam oportunidade de hipertrofiar as células musculares após o nascimento, pois nessa fase ocorre apenas hipertrofia das células, que é realizada também durante a vida pós-natal (Du *et al.*, 2010).

Esses achados podem estar relacionados com o papel crucial da nutrição materna durante a gestação na regulação da diferenciação de células-tronco mesenquimais no músculo esquelético fetal, em miócitos, adipócitos e fibroblastos, pois depende intrinsecamente dos sinais maternos emitidos a partir do status metabólico da vaca (Wu *et al.*, 2006). O elevado nível energético pode ter causado no embrião uma inflamação de baixo grau, causando modificações epigenéticas nas células-tronco mesenquimais (CTMs), o que

atenua a miogênese e promove a adipogênese. Como o tecido muscular compõe 40% a 50% da massa corporal, esses resultados impactam sobre o peso corporal pós-natal (Du et al., 2010).

Tal hipótese pode ser confirmada pelo aumento no marmoreio e EG (Tabela 7) quando as vacas consumiram NDT e PB acima de suas demandas, resultados que serão discutidos a seguir. Essa alteração ocorre na fase embrionária (até o 2º mês da gestação) (Du et al., 2015), sendo os nossos resultados significativos para o 2TRI e 3TRI. Contudo, devido a escassez de estudos no 1TRI (Long *et al.*, 2010), não foi possível realizar essa análise e detectar diferença. Para Duarte et al., (2014), as vacas avaliadas no primeiro trimestre da gestação (47 dias pós concepção) que consumiram 1,5 vezes acima do nível de energia de manutenção, produziram fetos com maior número de células de gordura, do que os filhos de vacas alimentadas conforme suas demandas. Isso ocorreu porque o nível elevado de energia promoveu modificações epigenéticas no feto, aumentando a expressão dos genes *Zfp423*, *EBPα* e *PPARγ*, ligados à adipogênese.

Há também evidências de que o aumento nos níveis plasmáticos e teciduais de ácidos graxos livres, em vacas leiteiras prenhes (Bell *et al.*, 2000), é o maior contribuidor para a resistência à insulina no feto (Jobgen *et al.*, 2006). Para Long *et al.* (2010), cordeiros nascidos de ovelhas alimentadas com 150% dos requisitos de energia, em relação às recomendações do NRC (1985), 60 dias pré-concepção até o parto, foram menos sensíveis à insulina aqueles de ovelhas alimentadas conforme suas demandas. Considerando que a resistência à insulina na vaca tem o potencial de aumentar a disponibilidade de

glicose para o feto, a transferência de nutrientes materno-fetal pode ser prejudicada nessa condição, pois a insulina estimula a síntese e inibe a degradação da proteína muscular e, assim, a resistência à insulina aumenta a taxa líquida de proteólise no organismo (Du *et al.*, 2010a; Radunz *et al.*, 2012).

A resistência à insulina, provavelmente, compromete o fornecimento placentário de nutrientes e oxigênio durante o final da gestação, causando redução no peso corporal do feto até o nascimento (Wu *et al.*, 2006). Suínos e ratos com baixo peso ao nascimento, devido a falhas no desenvolvimento muscular, não conseguem aumentar o número de fibras musculares ou o crescimento muscular durante o período pós-natal, mesmo quando alimentados adequadamente (Hegarty e Allen, 1978). Esses resultados estão de acordo com Du *et al.* (2010), os quais afirmam que prejuízos causados no feto em decorrência de falhas na nutrição materna, tem efeito a longo prazo sobre o crescimento e desempenho de suas progênes. Em suínos, a progênie de porcas que consumiram excesso de energia, entre os dias 0 e 50 da gestação, apresentaram taxas de crescimento mais lentas durante a lactação em comparação com leitões nascidos de porcas desnutridas (Bee, 2004).

Idade, peso e GMD ao abate

Não foi encontrada diferença significativa no peso ao abate das progênes para os efeitos dos níveis de consumo de PB e NDT das vacas prenhes (Tabela 6). Contudo, novilhos filhos de vacas que consumiram PB e NDT acima de suas demandas no 3TRI, foram abatidos, aproximadamente,

seis dias antes ($P < 0,05$) que os filhos de vacas que consumiram os demais níveis nutricionais. Ou seja, o GMD adquirido pelos novilhos, na fase de terminação, pode ter ocorrido, principalmente, pelo acúmulo de gordura nas células adiposas, que foram diferenciadas em maior número, em detrimento das células musculares no período embrionário/fetal, quando as vacas consumiram PB e NDT acima de suas demandas. Isso pode ter ocorrido em função do maior marmoreio e EG dos novilhos filhos de vacas que consumiram PB e NDT acima de suas demandas (Tabela 7), bem como maior GMD (Tabela 6). Essa teoria poderia ter sido fortalecida com dados de AOL, indicador que representa o desenvolvimento muscular da carcaça (McIntyre, 1994), porém não houve número suficiente de publicações para detectar diferença nas médias, o que pode ter sido uma consequência da não utilização da palavra carcaça na pesquisa nas bases de dados eletrônicas durante a RS.

Os resultados são consistentes com os obtidos por Larson *et al.* (2009), em que os novilhos filhos de vacas suplementadas no final da gestação tiveram maior GMD no período de engorda em confinamento que os filhos de vacas não suplementadas. Gunn *et al.* (2015) observaram que novilhas nascidas de vacas alimentadas com rações que ultrapassavam a necessidade de PB durante o final da gestação tendiam a ser mais pesadas ao desmame até o acasalamento. Por outro lado, diversos autores não encontraram diferenças para o GMD (Radunz *et al.*, 2012; Wilson *et al.*, 2015; Wilson *et al.*, 2016) e peso ao abate (Radunz *et al.*, 2012).

Área de olho de lombo ao abate

Os resultados obtidos demonstram que o 2TRI da gestação têm impactos significativos na AOL, porém sem impactos com relação ao consumo de PB e NDT das vacas prenhes avaliados para essa variável nesse período (Tabela 7). Para Nathanielsz *et al.* (2007), a programação fetal é a resposta a um desafio específico para os mamíferos durante uma janela de tempo crítico de desenvolvimento, que promove alterações quanti ou qualitativas na trajetória do seu desenvolvimento, com efeitos persistentes ao longo da vida. Essa ausência do efeito do consumo de PB e NDT pelas vacas sobre a AOL dos novilhos pode ter ocorrido devido ao pequeno número de publicações disponíveis, sendo que cada uma delas forneceu uma combinação diferente de níveis de PB e NDT

Para Wilson *et al.* (2016), a alimentação de vacas com 129% de PB, em relação as suas exigências (NRC, 1996), durante o final da gestação, não altera a AOL. Mohrhauser *et al.* (2015) também não encontraram efeito do nível de consumo de energia nas vacas gestantes, de 100% ou 80% das recomendações do NRC (1996), no segundo trimestre da gestação. Entretanto, esses autores relatam uma tendência à menor AOL nos novilhos filhos de vacas mantidas em status energético positivo durante o segundo trimestre da gestação em comparação com aquelas que consumiram 80% de suas demandas de energia (NRC, 1996).

Marmoreio e espessura de gordura ao abate

Os resultados obtidos demonstram que houve incremento no marmoreio e EG ao abate quando as vacas consumiram PB e NDT acima das recomendações do NRC (1996), no 3TRI, em relação aos filhos de vacas que consumiram os demais níveis nutricionais (Tabela 7). Estes resultados podem estar relacionados à formação de tecido adiposo na fase fetal em detrimento do tecido muscular, como descrito anteriormente. Ademais, esses resultados são consistentes com os obtidos para PV60 e PV205 (Tabela 5).

O aumento da adipogênese no músculo fetal leva a um aumento no número de adipócitos intramusculares, os quais acumulam gordura durante o crescimento pós-natal e produzem o marmoreio (Du *et al.*, 2015). Portanto, a eficácia do manejo nutricional na alteração do marmoreio é mais evidente nas fases fetal e neonatal que na desmama. Após 250 dias de idade, o consumo de energia torna-se menos eficaz no aumento do número de adipócitos intramusculares, devido à depleção de células multipotentes, mas o tamanho dos adipócitos pode ser aumentado, sendo essa a principal razão para o aumento do marmoreio durante a fase de engorda (Du *et al.*, 2010). Todos os animais avaliados nessa MA foram terminados em confinamento, cujo sistema é caracterizado pela alta ingestão de concentrado, alimento que contribui para a captação de glicose pelos adipócitos (Larson *et al.*, 2009).

Para Moisé *et al.* (2015) um processo inflamatório em progênes de vacas com acesso a um elevado plano nutricional produz resposta lipogênica intramuscular nos novilhos e contribui para a melhora na quantidade de gordura na carne. Em ovinos, os fetos que tiveram crescimento retardado

devido a falhas na nutrição da ovelha gestante tiveram maior conteúdo de gordura na carcaça e perirrenal que os fetos com crescimento fetal normal (Matsuzaki *et al.*, 2006). O crescimento fetal progride rapidamente no último trimestre de gestação e, nesse período, os níveis nutricionais podem alterar o local da deposição de nutrientes (Ferrell *et al.*, 1976; Larson *et al.*, 2009). Smith e Crouse (1984) sugerem que a glicose é o substrato primário utilizado pelos adipócitos intramusculares dos bovinos.

Para Wilson *et al.* (2016) a alimentação de vacas prenhes com 129% de PB, em relação as suas exigências (NRC, 1996), durante o final da gestação, aumentou a espessura de gordura da 12^a costela nas progêniees ao abate em relação à progênie de vacas alimentadas conforme as exigências. Esses achados corroboram com os resultados deste estudo, os quais demonstram que uma maior ingestão de PB na dieta pré-parto aumenta a adiposidade da carcaça (Tabela 7).

Em síntese, os resultados aqui obtidos sugerem que o consumo de PB pelas vacas gestantes no 3TRI, acima das recomendações do NRC (1996), causa redução no PV60 e na idade ao abate, e eleva o marmoreio e a EG da carcaça, em comparação aos demais níveis de consumo. O consumo de NDT acima da demanda das vacas prenhes (NRC, 1996), reduz o PV60, PV205 e a idade ao abate, além de elevar o GMD, o marmoreio e a EG ao abate.

A maioria dos estudos sobre programação fetal, em animais de produção, sugere que a desnutrição materna durante a gestação causa prejuízos às progêniees. O presente estudo demonstra que a superalimentação também

prejudica o desenvolvimento dos bezerros na fase de recria, mas produz vantagens na fase de terminação relacionadas à adiposidade da carcaça.

Agradecimentos

Agradecemos o apoio financeiro do Conselho Brasileiro de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

Referências

Bee G 2004. Effect of early gestation feeding, birth weight, and gender of progeny on muscle fiber characteristics of pigs at slaughter. *Journal of Animal Science* 82, 3, 826-836.

Bell AW, Burhans WS and Overton TR 2000. Protein nutrition in late pregnancy, maternal protein reserves and lactation performance in dairy cows. *Proceedings of the Nutrition Society* 59, 119–126.

Bellows R A, and Short RE 1978. Effects of precalving feed level on birth weight, calving difficulty and subsequent fertility. *Journal of Animal Science* 46, 6, 1522-1528.

Borenstein M, Hedges LV, Higgins JPT and Rothstein HR 2009. *Introduction to meta-analysis*. John Wiley and Sons, Ltd., The Atrium, Chichester, UK.

Ceballos A, Sánchez J, Stryhn H, Montgomery JB, Barkema HW and Wichte JJ 2009. Meta-analysis of the effect of oral selenium supplementation on milk selenium concentration in cattle. *Journal of Dairy Science* 92, 324–342.

Corah LR, Dunn TG and Kaltenbach CC 1975. Influence of prepartum nutrition on the reproductive performance of beef females and the performance of their progeny. *Journal of Animal Science* 41, 3, 819-824.

Corah LR, Quealy AP, Dunn TG and Kaltenbach CC 1974. Prepartum and postpartum levels of progesterone and estradiol in beef heifers fed two levels of energy. *Journal of Animal Science* 39, 2, 380-385.

DerSimonian R and Laird N 1986. Meta-analysis in clinical trials. *Control Clinical Trials* 7, 177-188.

Du M, Yan X, Tong JF, Zhao J and Zhu MJ 2010a. Maternal obesity, inflammation, and fetal skeletal muscle development. *Biology of Reproduction* 82, 1, 4-12.

Du M, Tong J, Zhao J, Underwood KR, Zhu M, Ford SP and Nathanielsz PW 2010. Fetal programming of skeletal muscle development in ruminant animals. *Journal of Animal Science* 88, Suppl. 5-60.

Du M, Huang Y, Das AK, Yang Q, Duarte MS, Dodson MV and Zhu MJ 2013. Manipulating mesenchymal progenitor cell differentiation to optimize performance and carcass value of beef cattle. *Journal of Animal Science* 91, 1419–1427.

Du M, Wang B, Fu X, Yang Q and Zhu MJ 2015. Fetal programming in meat production. *Meat Science* 109, 40-47.

Duarte MS, Gionbelli MP, Paulino PVR, Serão NVL, Nascimento CS, Botelho ME and Du M 2014. Maternal overnutrition enhances mRNA expression of adipogenic markers and collagen deposition in skeletal muscle of beef cattle fetuses. *Journal of Animal Science* 92, 9, 3846-3854.

Durunna ON, Block HC, Iwaasa AD, Thompson LC, Scott SL, Robins C and Lardner HA 2014. Impact of calving seasons and feeding systems in western Canada. I. Postweaning growth performance and carcass characteristics of crossbred steers. *Canadian Journal of Animal Science* 94, 4, 571-582.

Duval S and Tweedie R 2000. Trim and fill: a simple funnel-plot-based method of testing and adjusting for publication bias in meta-analysis. *Biometrics* 56, 455–463.

Egger M, Smith GD, Altman DG 2001. *Systematic reviews in health care*, second ed. MBJ Publishing Group, London, UK.

Ferrell CL, Garrett WN and Hinman N 1976. Growth, development and composition of the udder and gravid uterus of beef heifers during pregnancy. *Journal of Animal Science* 42, 6, 1477-1489.

Funston RN and Summers AF 2013. Effect of prenatal programming on heifer development. *Vet. Clinics of North America: Food Animal Practice* 29, 517-536.

Gonzalez JM, Camacho LE, Ebarb SM, Swanson KC, Vonnahme KA, Stelzleni AM and Johnson SE 2013. Realimentation of nutrient restricted pregnant beef cows supports compensatory fetal muscle growth. *Journal of Animal Science* 91, 4797–4806.

Gunn PJ, Schoonmaker JP, Lemenager RP and Bridges GA 2015. Feeding distiller's grains as an energy source to gestating and lactating beef heifers: Impact on female progeny growth, puberty attainment, and reproductive processes. *Journal of Animal Science* 93, 2, 746-757.

Hegarty PVJ and Allen CE 1978. Effect of pre-natal runting on the post-natal development of skeletal muscles in swine and rats. *Journal of Animal Science* 46, 1634–1640.

Higgins JPT and Green S 2011. *Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions* Version 5.1.0 [updated March 2011]. The Cochrane Collaboration, 2011. <http://www.cochrane-handbook.org>.

Houghton PL, Lemenager RP, Horstman LA, Hendrix KS and Moss GE 1990. Effects of body composition, pre-and postpartum energy level and early weaning on reproductive performance of beef cows and preweaning calf gain. *Journal of Animal Science* 68, 5, 1438-1446.

Jobgen WS, Fried SK, Fu WJ, Meininger CJ and Wu G 2006. Regulatory role for the arginine-nitric oxide pathway in energy-substrate metabolism. *The Journal of Nutritional Biochemistry*. doi:10.1016/j.nutbio.2005.12.001

Köster HH, Woods BC, Cochran RC, Vanzant ES, Titgemeyer EC, Grieger DM and Stokka G 2002. Effect of increasing proportion of supplemental N from urea in prepartum supplements on range beef cow performance and on forage intake and digestibility by steers fed low-quality forage. *Journal of Animal Science* 80, 6, 1652-1662.

Larson DM, Martin JL, Adams DC, Funston RN 2009. Winter grazing system and supplementation during late gestation influence performance of beef cows and steer progeny. *Journal of Animal Science* 87, 3, 1147-1155.

Long NM, Prado-Cooper MJ, Krehbiel CR and Wettemann RP 2010. Effects of nutrient restriction of bovine dams during early gestation on postnatal growth and regulation of plasma glucose. *Journal of Animal Science* 88, 3262-3268.

Long NM, Vonnahme KA, Hess BW, Nathanielsz PW and Ford SP 2009. Effects of early gestational undernutrition on fetal growth, organ development, and placentomal composition in the bovine. *Journal of Animal Science* 87, 1950–1959.

Martin JL, Rasby RJ, Brink DR, Lindquist RU, Keisler DH and Kachman SD 2005. Effects of supplementation of whole corn germ on reproductive performance, calf performance, and leptin concentration in primiparous and mature beef cows. *Journal of Animal Science* 83, 11, 2663-2670.

Matsuzaki M, Milne JS, Aitken RP and Wallace JM 2006. Overnourishing pregnant adolescent ewes preserves perirenal fat deposition in their growth-restricted fetuses. *Reproduction, Fertility and Development* 18, 357–364.

McIntyre BL 1994. Carcase measurements and treatments. In: proceedings-australian society of animal production. Australian society of animal production p. 37-37.

Mederos A, Waddell L, Sánchez J, Kelton D, Peregrine AS, Menzies P, Vanleeuwen J, Rajic A 2012. A systematic review-meta-analysis of primary research investigating the effect of selected alternative treatments on

gastrointestinal nematodes in sheep under field conditions. *Preventive Veterinary Medicine* 104, 1-14.

Meyer AM, Hess BW, Paisley SI, Du M and Caton JS 2014. Small intestinal growth measures are correlated with feed efficiency in market weight cattle, despite minimal effects of maternal nutrition during early to midgestation. *Journal of Animal Science* 92, 9, 3855-3867.

Micke GC, Sullivan TM, McMillen IC, Gentili S and Perry VEA 2011. Protein intake during gestation affects postnatal bovine skeletal muscle growth and relative expression of IGF1, IGF1R, IGF2 and IGF2R. *Molecular and Cellular Endocrinology* 332, 1, 234-241.

Mohrhauser DA, Taylor AR, Gonda MG, Underwood KR, Pritchard RH, Wertz-Lutz AE and Blair AD 2015. The influence of maternal energy status during mid-gestation on beef offspring tenderness, muscle characteristics, and gene expression. *Meat Science* 110, 201-211.

Moisá SJ, Shike DW, Shoup L, Rodriguez-Zas SL and Looor JJ 2015. Maternal plane of nutrition during late gestation and weaning age alter Angus x Simmental offspring longissimus muscle transcriptome and intramuscular fat. *PLoS One* 10, 7, e0131478.

Moisá SJ, Shike DW, Shoup L and Looor JJ 2016. Maternal Plane of Nutrition During Late-Gestation and Weaning Age Alter Steer Calf Longissimus Muscle Adipogenic MicroRNA and Target Gene Expression. *Lipids* 51, 1, 123-138.

Moriel P, Artioli LFA, Piccolo MB, Marques RS, Poore MH, Cooke RF 2016. Frequency of wet brewers grains supplementation during late gestation of beef

cows and its effects on offspring postnatal growth and immunity. *Journal of Animal Science* 94, 2553–2563, doi:10.2527/jas2016-0427.

Mossa F, Carter F, Walsh SW, Kenny D A, Smith GW, Ireland JL and Evans AC 2013. Maternal Undernutrition in Cows Impairs Ovarian and Cardiovascular Systems in Their Offspring 1. *Biology of Reproduction* 88, 4, 92.

Nathanielsz PW, Poston L and Taylor PD 2007. In utero exposure to maternal obesity and diabetes: Animal models that identify and characterize implications for future health. *Clinics in Perinatology* 34, 515–526.

NRC - National Research Council. Nutrient requirements of beef cattle 1996. 7. ed. Washington, D.C.: p. 110.

Pate FM, Sanson DW and Machen RV 1990. Value of a molasses mixture containing natural protein as a supplement to brood cows offered low-quality forages. *Journal of Animal Science* 68, 3, 618-623.

Perry VEA, Norman ST, Owen JA, Daniel RCW and Phillips N 1999. Low dietary protein during early pregnancy alters bovine placental development. *Animal Reproduction Science* 55, 1, 13-21.

Perry RC, Corah LR, Cochran RC, Beal WE, Stevenson JS, Minton JE and Brethour JR 1991. Influence of dietary energy on follicular development, serum gonadotropins, and first postpartum ovulation in suckled beef cows. *Journal of Animal Science* 69, 9, 3762-3773.

Pruitt RJ and Momont PA 1987. Effects of body condition on reproductive performance of range beef cows.

Radunz AE, Fluharty FL, Relling AE, Felix TL, Shoup LM, Zerby HN and Loerch SC 2012. Prepartum dietary energy source fed to beef cows: II. Effects on progeny postnatal growth, glucose tolerance, and carcass composition. *Journal of Animal Science* 90, 13, 4962-4974.

Sims PL and Bailey DW 1995. Calf production by Angus-Hereford and Brahman-Hereford cows on two native rangeland forage systems. *Journal of Animal Science* 73, 10, 2893-2902.

Smith SB and Crouse JD 1984. Relative contributions of acetate, lactate and glucose to lipogenesis in bovine intramuscular and subcutaneous adipose tissue. *Journal of Nutrition* 114, 792–800.

Soto-Murillo HW, Faulkner DB, Gianola D and Cmarik GF 1993. Effect of breed of sire, breed of dam, pasture program and of their interactions on preweaning performance of crossbred beef calves. *Livestock Production Science* 33, 1, 2, 55-66.

Stalker LA, Adams DC, Klopfenstein TJ, Feuz DM, Funston RN 2006. Effects of pre- and postpartum nutrition on reproduction in spring calving cows and calf feedlot performance. *Journal of Animal Science* 84, 2582-2589.

Sullivan T, Micke G, Perkins N, Martin G, Wallace C, Gatford K, Owens J and Perry V 2009. Dietary protein during gestation affects maternal IGF, IGFBP, leptin concentrations, and fetal growth in heifers. *Journal of Animal Science* 87, 3304–3316.

Summers AF, Blair AD and Funston RN 2015. Impact of supplemental protein source offered to primiparous heifers during gestation on II. Progeny

performance and carcass characteristics. *Journal of Animal Science* 93, 4, 1871-1880.

Wang X, Lan X, Radunz AE and Khatib H 2015. Maternal nutrition during pregnancy is associated with differential expression of imprinted genes and DNA methyltransferases in muscle of beef cattle offspring. *Journal of Animal Science* 93, 1, 35-40.

Wilson TB, Long NM, Faulkner DB and Shike DW 2016. Influence of excessive dietary protein intake during late gestation on drylot beef cow performance and progeny growth, carcass characteristics, and plasma glucose and insulin concentrations. *Journal of Animal Science* 94, 5, 2035-2046.

Wilson TB, Schroeder AR, Ireland FA, Faulkner DB and Shike DW 2015. Effects of late gestation distillers grains supplementation on fall-calving beef cow performance and steer calf growth and carcass characteristics. *Journal of Animal Science* 93, 10, 4843-4851.

Wilson TB, Faulkner DB and Shike DW 2015b. Influence of late gestation drylot rations differing in protein degradability and fat content on beef cow and subsequent calf performance. *Journal of Animal Science* 93, 12, 5819-5828.

Winterholler SJ, McMurphy CP, Mourer GL, Krehbiel CR, Horn GW and Lalman DL 2012. Supplementation of dried distillers grains with solubles to beef cows consuming low-quality forage during late gestation and early lactation. *Journal of Animal Science* 90, 6, 2014-2025.

Winterholler SJ, Lalman DL, Hudson MD and Goad CL 2009. Supplemental energy and extruded-expelled cottonseed meal as a supplemental protein

source for beef cows consuming low-quality forage. *Journal of Animal Science* 87, 9, 3003-3012.

Wood KM, Kelly MJ, Miller SP, Mandell IB and Swanson KC 2010. Effect of crop residues in haylage-based rations on the performance of pregnant beef cows. *Canadian Journal of Animal Science* 90, 1, 69.

Wu G, Bazer FW, Wallace JM and Spencer TE 2006. Board-invited review: intrauterine growth retardation: implications for the animal sciences. *Journal of Animal Science* 84, 9, 2316-2337.

Zehnder CM, Maddock TD, DiCostanzo A, Miller LR, Hall JM and Lamb GC 2010. Using alfalfa leaf meal as a supplement in late-gestation beef heifer and nursing beef calf diets. *Journal of Animal Science* 88, 6, 2132-2138.

Material Suplementar

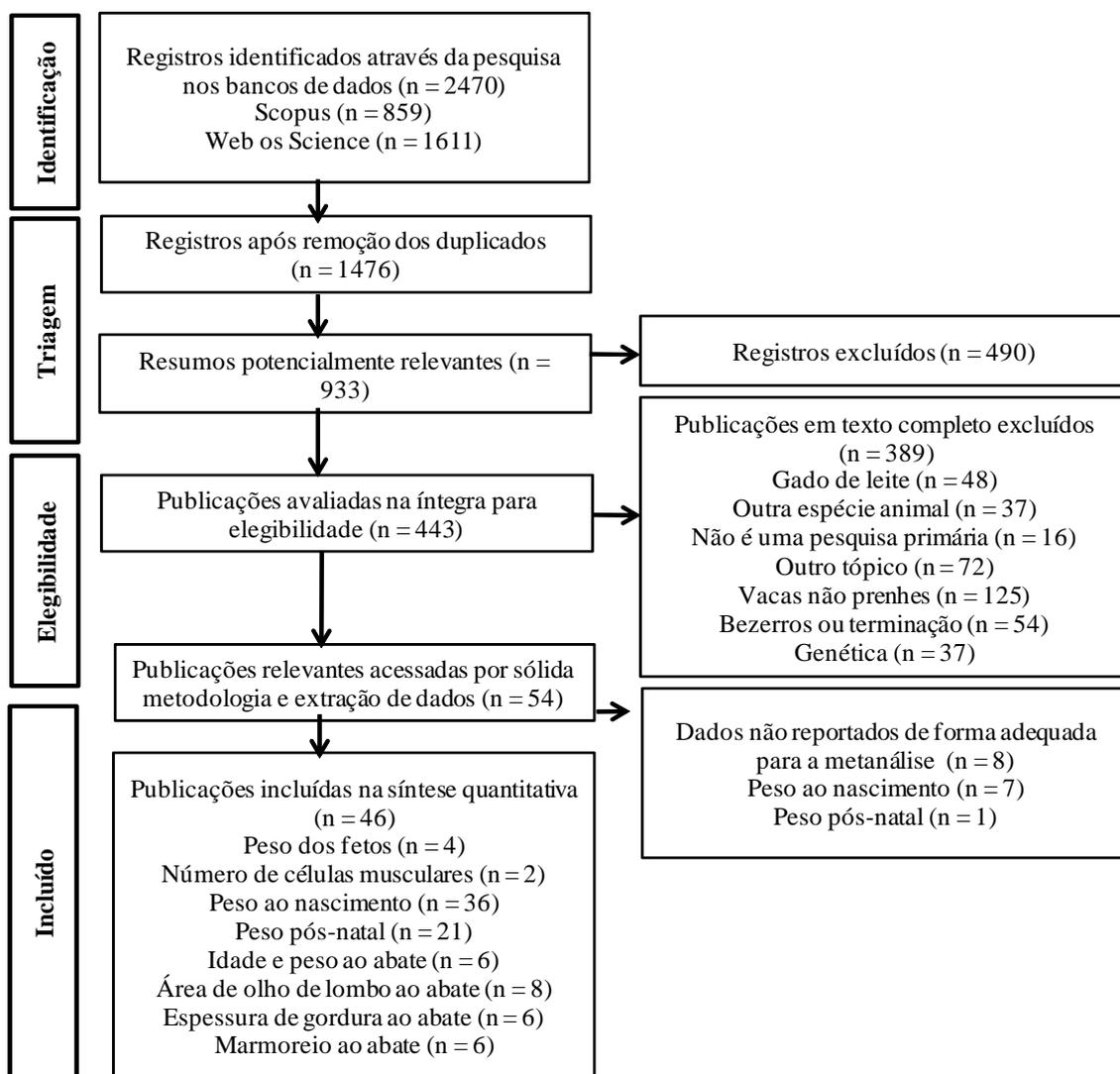


Figura Suplementar S1. Diagrama de fluxo com o número de publicações incluídas e excluídas em cada nível. Adaptado de Moher *et al.* (2009).

* Todos os resultados da busca são apresentados na figura para facilitar a compreensão do número total de publicações encontradas.

Tabela Suplementar S1. Publicações relevantes e excluídas da base de dados final da metanálise

Referência	País	Tratamento	Razão para exclusão
Corah <i>et al.</i> , 1974	EUA	Nível energético	Não apresenta resultados de interesse
Camacho <i>et al.</i> , 2014	EUA	Nível energético	Não apresenta resultados de interesse
Domokos <i>et al.</i> , 2011	Hungria	Diferentes forrageiras	Dados insuficientes sobre a dieta das vacas
Funston <i>et al.</i> , 2010	EUA	Nível protéico	Não apresenta resultados de interesse
Lobato <i>et al.</i> , 1998	Brasil	Diferentes forrageiras	Dados insuficientes sobre a dieta das vacas
Meyer <i>et al.</i> , 2014	EUA	Nível energético e protéico	Não apresenta resultados de interesse
Micke <i>et al.</i> , 2010	Austrália	Nível energético e protéico	Houve alteração na dieta ao longo do estudo
Micke <i>et al.</i> , 2015	Austrália	Nível protéico	Houve alteração na dieta ao longo do estudo

Tabela Suplementar S2. Resumo da avaliação para a solidez metodológica e relatório de 25 publicações que relatam 35 estudos incluindo nesta metanálise para peso corporal aos 60 (PV60), 100 (PV100), 180 (PV180) e 205 (PV205) dias de vida, idade, peso e ganho médio diário (GMD) ao abate, área de olho de lombo (AOL), marmoreio e espessura de gordura (EG) ao abate

Variável	Avaliação	PV60	PV100	PV180	PV205	Idade e		Marmoreio		
						peso ao abate	GMD	AOL	ao abate	EG
O tamanho da amostra foi justificado?										
	Sim	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
	Não	3 (3)	5 (5)	7 (10)	13 (20)	6 (6)	5 (5)	8 (8)	6 (6)	6 (6)
Como as vacas foram designadas										
	Randomização ¹	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)

aos grupos?

Aleatório ²	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Sistemático ³	1 (1)	1 (1)	1 (1)	2 (2)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Conveniência ou propósito ⁴	2 (2)	4 (4)	6 (9)	11 (18)	6 (6)	5 (5)	8 (8)	6 (6)	6 (6)

O protocolo de
intervenção foi
descrito em
detalhes

suficientes para

ser replicado?

Sim	3 (3)	5 (5)	7 (10)	13 (20)	6 (6)	5 (5)	8 (8)	6 (6)	6 (6)
Não	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Documento de referência	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)

O autor relatou
que o cegamento
foi usado para
avaliar o

resultado?	Sim	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
					13					
	Não	3 (3)	5 (5)	7 (10)	(20)	6 (6)	5 (5)	8 (8)	6 (6)	6 (6)

Com base no
delineamento do
estudo, o
agrupamento⁵ foi
considerado
apropriado para a

análise?	Sim	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
----------	-----	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

	Não	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
					13					
	Não aplicável	3 (3)	5 (5)	7 (10)	(20)	6 (6)	5 (5)	8 (8)	6 (6)	6 (6)
Foram										
identificados										
fatores de										
confusão										
controlados ou										
testados?	Sim na análise ⁶	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
	Sim na									
	inclusão/exclusão ⁷	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
	Sim na									
	correspondência ⁸	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
	Não ⁹	3 (3)	5 (5)	7 (10)	13	6 (6)	5 (5)	8 (8)	6 (6)	6 (6)

					(20)					
	Não aplicável ¹⁰	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
A análise										
estatística foi										
descrita										
adequadamente										
para poder ser					13					
reproduzida?	Sim	3 (3)	5 (5)	7 (10)	(20)	6 (6)	5 (5)	8 (8)	6 (6)	6 (6)
	Não	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
	Documento de									
	referência	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
	Análise estatística									
	não realizada	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)

¹ Computador ou tabela de números aleatórios, *a priori*, amostra aleatória estratificada, amostra aleatória de cluster.

- ² Relato de aleatorização do autor (es), mas o tipo de aleatorização não é descrita.
- ³ "n" amostras obtidas em intervalos x ou estratificadas por certas características.
- ⁴ A amostragem de conveniência indicada ou amostragem não foi relatada no trabalho.
- ⁵ O agrupamento foi avaliado quando medidas repetidas foram relatadas.
- ⁶ Autor identificou fatores de confusão e controlados para eles na análise.
- ⁷ Os fatores de confusão foram identificados e incluídos/excluídos *a priori*.
- ⁸ Os fatores de confusão foram controlados *a priori* por correspondência em certas características.
- ⁹ Não foram feitos ajustes para os fatores de confusão/modificadores de efeitos, etc., que foram identificados pelo autor.
- ¹⁰ Os fatores de confusão não foram identificados pelo autor ou a randomização foi usada para controlar os fatores de confusão.

CAPÍTULO I

1. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Um dos principais objetivos da revisão sistemática e da metanálise é reduzir o grau de incerteza sobre um determinado assunto. Essas ferramentas permitem que se obtenham resultados a partir da compilação de dados disponíveis na literatura, com redução do risco de viés de publicação e síntese ponderada dos resultados. A presente revisão sistemática e metanálise foi o primeiro estudo a avaliar os resultados disponíveis na literatura sobre o consumo de PB e NDT por vacas durante a gestação, e o impacto no desempenho das progênes durante toda a sua vida produtiva.

Entretanto, algumas limitações foram identificadas durante as avaliações. Na revisão sistemática, diante ao elevado número de publicações recuperadas pela busca, a não avaliação da literatura cinza (teses, dissertações e anais de congressos) pode ser considerada uma limitação. Uma vez que, para algumas respostas, p. ex. área de olho de lombo, o número de comparações foi insuficiente para identificar efeito significativo da dieta das vacas. A não utilização da palavra carcaça na pesquisa, na fase de RS, embora tenha evitado a sobrecarga de citações, pode ter contribuído com esse reduzido número de estudos encontrados sobre AOL. Também foram identificadas falhas na descrição da metodologia utilizada nos trabalhos, como nos procedimentos utilizados para alocação dos animais nos tratamentos, além de informações que facilmente são obtidas em situações experimentais, como a condição corporal e peso das vacas.

Algumas publicações não forneceram dados necessários para o objeto de estudo, como falta da informação sobre a quantidade de forragem consumida pelas vacas ou os níveis de PB e NDT, os quais foram estimados com base no NRC (1996). Contudo, alguns trabalhos avaliados foram conduzidos em datas anteriores ao ano de 1996, o que pode ter provocado um fator de confusão, tornando alguns dos resultados de consumo conflitantes com o NRC (1996). Frente a essas constatações, é importante que os pesquisadores atentem para a importância do fornecimento completo dos dados experimentais em suas publicações, para que elas possam ser completamente entendidas, repetidas e utilizadas em futuros estudos.

Os resultados obtidos nesse estudo rejeitam parcialmente a hipótese inicial. Ficou evidente que os níveis de PB e NDT, acima das recomendações do NRC, restringem o desenvolvimento dos fetos e o peso dos bezerros ao nascimento, sendo que esse efeito permanece até os 205 dias de idade. Já na fase de terminação, essa situação se inverte, sendo que o excesso de PB e NDT passa a contribuir com o ganho médio diário e com as características desejáveis na carcaça de bovinos, como marmoreio e espessura de gordura.

Diante da importância desse tema, sugere-se que trabalhos semelhantes a esse sejam realizados no futuro, assim como incluir outros tipos de nutrientes igualmente importantes para o desenvolvimento fetal e pós-natal de bovinos, como minerais, vitaminas e lipídios. Além disso, outros parâmetros produtivos podem ser avaliados sob o ponto de vista da programação fetal, destacando-se as funções reprodutiva e imunológica dos bovinos de corte.

1. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANUALPEC – Anuário da Pecuária Brasileira. São Paulo: FNP Informa Economics South America, 2014. p. 313

ATKINS, J. A. et al. Pregnancy establishment and maintenance in cattle. **Journal of animal science**, Champaign, v.91, n.2, p.722-733, 2013.

BANTA, J. P.; LALMAN, D. L.; WETTEMANN, R. P. Symposium paper: Post-calving nutrition and management programs for two-year-old beef cows. **The Professional Animal Scientist**, Champaign, v. 21, p. 151–158, 2005.

BARKER, D. J. P. et al. Growth in utero and serum cholesterol concentration in adult life. **British Medical Journal**, London, v. 307, p. 1524-1527, 1993.

BAUMAN, D. E.; EISEMANN, J. H.; CURRIE, W. B. Hormonal effects on partitioning of nutrients for tissue growth: role of growth hormone and prolactin. In: **Federation Proceedings**, Sydney, v. 41, n. 9, p.2538-2544, 1982.

BEE, G. Effect of early gestation feeding, birth weight, and gender of progeny on muscle fiber characteristics of pigs at slaughter. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 82, n. 3, p. 826-836, 2004.

BELLOWS, R. A. et al. Cause and effect relationships associated with calving difficulty and calf birth weight. **Journal of animal science**, Champaign, v. 33, n. 2, p. 407-415, 1971.

BRODY, S. **Bioenergetics and Growth**. New York: Hafner, 1945.

BUTLER, W.R. Symposium: optimizing protein nutrition for reproduction and lactation. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 81, n. 9, p. 2533–2539, 1998.

CAFE, L. M. et al. Growth and carcass characteristics of Wagyu-sired steers at heavy market weights following slow or rapid growth to weaning. **Animal Production Science**, Queensland, v. 46, n. 7, p. 951-955, 2006.

CASTRO, A. A.; GUIDUGLI, F. **Revisão sistemática**: análise e apresentação dos resultados. In: ELABORAÇÃO e Apresentação de Comunicação Científica. São Paulo, 2001. 81-122 (manuscrito)

CATON, J. S. et al. Nutritional management during gestation: impacts on lifelong performance. In: ANNUAL FLORIDA RUMINANT NUTRITION SYMPOSIUM, 18th, 2010, Gainesville (FL). **Proceedings of the...** Gainesville (FL), 2010. p. 1–20.

COPPING, K. J. et al. Fetal programming in 2-year-old calving heifers: periconception and first trimester protein restriction alters fetal growth in a gender-specific manner. **Animal Production Science**, Queensland, v. 54, 1333–1337, 2014.

CORAH, L. R.; DUNN, T. G.; KALTENBACH, C. C. Influence of prepartum nutrition on the reproductive performance of beef females and the performance of their progeny. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 41, n. 3, p. 819-824, 1975.

CORAH, L. R. et al. Prepartum and postpartum levels of progesterone and estradiol in beef heifers fed two levels of energy. **Journal of animal science**, Champaign, v. 39, n. 2, p. 380-385, 1974.

COSSU, G.; BORELLO, U. Wnt signaling and the activation of myogenesis in mammals. **The EMBO journal**, Heidelberg, v. 18, n. 24, p. 6867-6872, 1999.

CUNDIFF, L.V., MACNEIL, M.V., GREGORY, K.E. Between-and within-breed genetic analysis of calving traits and survival to weaning in beef cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 63, n. 1, p. 27-33, 1986.

CURRAN, S.; PIERSON, R. A.; GINTHER, O. J. Ultrasonographic appearance of the bovine conceptus from days 10 through 20. **Journal of the American Veterinary Medical Association**, Schaumburg, v. 189, p. 1289-1295, 1986.

DANDREA, J. et al. Maternal nutritional manipulation of placental growth and glucose transporter 1 (GLUT1) abundance in sheep. **Reproduction**, Cambridge, v. 122, p. 793-800, 2001.

DICKERSON, G. Efficiency of animal production—molding the biological components. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 30, n. 6, p. 849-859, 1970.

DU, M. et al. Fetal programming of skeletal muscle development in ruminant animals. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 88, Suppl., p. 5-60, 2010.

DU, M. et al. Manipulating mesenchymal progenitor cell differentiation to optimize performance and carcass value of beef cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 91, p. 1419–1427, 2013.

DU, M. et al. Fetal programming in meat production. **Meat science**, Amsterdam, v. 109, p. 40-47, 2015.

DUKES, H. H. **Dukes fisiologia dos animais domésticos**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2006.

ESPINOZA-VILLAVICENCIO, J. L. A. et al. Efecto de la suplementación de grasas sobre características productivas, tasas de preñez y algunos metabolitos de los lípidos en vacas para carne en pastoreo. **Archivos de Medicina Veterinaria**, Valdivia, v. 42, p. 25-32, 2010.

ESPINOZA, J. L. et al. Effects of calcium soaps of fatty acids on postpartum reproductive activity in beef cows and growth of calves. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 73, p. 2888-2892, 1995.

EVERSOLE, D. E. et al. **Body condition scoring beef cows**. 2000. Disponível em: <<http://pubs.ext.vt.edu/400/400-795/400-795.html>>. Acesso em: 15 jan. 2017.

FERRELL, C. L. et al. Maternal and fetal influences on uterine and conceptus development in the cow: II. Blood flow and nutrient flux. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 69, p. 1954-1965, 1991.

FERRELL, C.L.; REYNOLDS, L.P. **Oxidative metabolism of gravid uterine tissues of the cow**. 1987. (Energy Metabolism Proceeding Symposium 32 p.298–301 1987)

FORD, S. P.; LONG, N. M. Evidence for similar changes in offspring phenotype following either maternal undernutrition or overnutrition: potential impact on fetal epigenetic mechanisms. **Reproduction, Fertility and Development**, East Melbourne, v. 24, p. 105–11, 2012.

FREETLY, H. C.; FERRELL, C. L.; JENKINS, T. G. Timing of realimentation of mature cows that were feed-restricted during pregnancy influences calf birth weights and growth rates. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 78, p. 2790–2796, 2000.

FUNSTON, R. N. et al. Effects of winter grazing system and supplementation during late gestation on performance of beef cows and progeny. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 87, n.3, p. 1147-1155, 2009.

FUNSTON, R. N. et al. Winter grazing system and supplementation of beef cows during late gestation influence heifer progeny. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 88, p. 4094-4101, 2010.

FUNSTON, R. N.; SUMMERS, A. F. Effect of prenatal programming on heifer development. **Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice**, Philadelphia, v. 29, p. 517-536, 2013.

GAGNIERE, H.; PICARD, B.; GEAY, Y. Contractile differentiation of fetal cattle muscles: intermuscular variability. **Reproduction Nutrition Development**, Paris, v. 39, p. 637–655, 1999.

GATH, V. et al. Effects of diet type on establishment of pregnancy and embryo development in beef heifers. **Theriogenology**, Stoneham, v. 51, p. 224, 1999.

GÓMEZ, E. et al. Effects of acetoacetato and D-B-hydroxybutyrate on bovine in vitro embryo development in serum free medium. **Theriogenology**, Stoneham, v. 57, p. 1551-1562, 2002.

GONZALEZ, J. M. et al. Realimentation of nutrient restricted pregnant beef cows supports compensatory fetal muscle growth. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 91, p. 4797–4806, 2013.

GLUCKMAN, P.D.; LIGGINS, G.C. Regulation of fetal growth In: **FETAL Physiology and Medicine**. London: Butterworths, 1984. p. 511–557

GREENWOOD, P. L. et al. (Ed.). **Managing the prenatal environment to enhance livestock productivity (No. 636.0824 GREM)**. [S.l.]: International Atomic Energy Agency, 2010.

GREENWOOD, P. L.; CAFE, L. M. Prenatal and pre-weaning growth and nutrition of cattle: longterm consequences for beef production. **Animal**, Cambridge, v. 1, n. 9, p. 1283–1296, 2007.

GREENWOOD, P. L. et al. Nutrition of Wagyu- and Piedmontese-sired foetuses alters newborn longissimus muscle cellular characteristics. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 82, p. 251, 2004.

GREENWOOD, P. L. et al. Effects of birth weight and postnatal nutrition on neonatal sheep: II. Skeletal muscle growth and development. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 78, p. 50-61, 2000.

GREENWOOD, P. L. et al. Intrauterine growth retardation is associated with reduced cell cycle activity, but not myofibre number, in ovine fetal muscle. **Reproduction, Fertility and Development**, East Melbourne, v. 11, p. 281–291, 1999.

GUTIÉRREZ, V. et al. Effects of calf early nutrition on muscle fiber characteristics and gene expression. **Livestock Science**, Amsterdam, v. 167, p. 408-416, 2014.

HALES, C. N.; BARKER, D. J. Type 2 (non-insulin-dependent) diabetes mellitus: the thrifty phenotype hypothesis. **Diabetologia**, Bristol, v. 35, n. 7, p. 595-601, 1992.

HENNESSY, D. W. et al. The effects of low or high quality pastures on the live weight of cows at calving and on birth weight of calves sired by Wagyu or Piedmontese. **Animal Production in Australia**, Sydney, v. 24, p. 311, 2002.

HERD, D. B.; SPROTT, L. R. **Body condition, nutrition and reproduction of beef cows**. Texas: A&M Univ. Ext., 1986. (Bull. 1526)

HESS, B. W.; BUTLER, W. R. Impacto da nutrição maternal no desempenho do bezerro. In: CURSO NOVOS ENFOQUES NA PRODUÇÃO E REPRODUÇÃO DE BOVINOS, 12., Uberlândia. **[Apostila]**. Uberlândia, 2008. 93p. CD-ROOM

HYTTEL, P.; SINOWATZ, F.; VEJLSTED, M. **Embriologia veterinária**. Elsevier: Rio de Janeiro, 2012. p. 573

JOLLY, P. D. et al. Physiological effects of undernutrition on postpartum anoestrus in cows. **Journal of Reproduction and Fertility**, London, v. 49, n. 477, p. 92, 1995.

KARUNARATNE, J. F.; ASHTON, C. J.; STICKLAND, N. C. Fetal programming of fat and collagen in porcine skeletal muscles. **Journal of Anatomy**, Hoboken, v. 207, 763-768, 2005.

KLEIN, B. G. **Cunningham tratado de fisiologia veterinária**. Elsevier: Rio de Janeiro, 2015.

KONDURI, G. G. et al. Oxidant stress from uncoupled nitric oxide synthase impairs vasodilation in fetal lambs with persistent pulmonary hypertension. **American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology**, Omaha, v. 292, n. 4, p.1812-1820, 2007.

LARSON, D. M. et al. Winter grazing system and supplementation during late gestation influence performance of beef cows and steer progeny. **Journal of animal science**, Champaign, v. 87, n. 3, p. 1147-1155, 2009.

LAWRENCE, T. L. J.; FOWLER, V. R.; NOVAKOFSKI, J. E. **Growth of farm animals**. Wellingford: CABI, 2012.

LONERGAN, P.; O'HARA, L.; FORDE, N. Role of diestrus progesterone on endometrial function and conceptus development in cattle. **Animal Reproduction**, Belo Horizonte, v. 10, n. 3, p. 223-227, 2013.

LONG, N. M. et al. Effects of nutrient restriction of bovine dams during early gestation on postnatal growth and regulation of plasma glucose. **Journal of animal science**, Champaign, v. 88, p. 3262-3268, 2010.

LONG, N. M. et al. Effects of nutrient restriction of bovine dams during early gestation on postnatal growth, carcass and organ characteristics, and gene expression in adipose tissue and muscle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 88, p. 3251–3261, 2010a.

LONG, N. M. et al. Effects of early gestational undernutrition on fetal growth, organ development, and placentomal composition in the bovine. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 87, p. 1950–1959, 2009.

LOVATTO, P. A.; QUADROS, F. L. F.; SILVEIRA, V. Modelagem animal: análise e perspectivas do ponto de vista acadêmico brasileiro. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL EM PRODUÇÃO ANIMAL, 200, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: Unipress Disc Records Ltda, 2006. CD-ROM.

LOVATTO, P. A. et al. Meta-análise em pesquisas científicas - enfoque em metodologias. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 36, p. 285-294, suplemento especial, 2007.

LUIZ, A. J. B. Meta-análise: Definição, Aplicações e Sinergia com dados espaciais. **Caderno de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v. 19, n. 3, p. 407-428, 2002.

MA, Y. et al. Maternal obesity and overnutrition alter fetal growth fate and cotyledonary vascularity and angiogenic factor expression in the ewe. **American journal of physiology. Regulatory, integrative and comparative physiology**, Omaha, v. 58, p. 299-249, 2010.

MCCARL, B. A. Model validation: an overview with some emphasis on risk models. **Review of Marketing and Agricultural Economics**, Camberra, v. 52, n. 3, p. 153-173, 1984.

MARTIN, J. L. et al. Effects of dam nutrition on growth and reproductive performance of heifer calves. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 85, p. 841-847, 2007.

MEDEROS, A. et al. A systematic review-meta-analysis of primary research investigating the effect of selected alternative treatments on gastrointestinal nematodes in sheep under field conditions. **Preventive Veterinary Medicine**, Amsterdam, v. 104, p. 1-14, 2012.

METGES, C. C. et al. Glucose tolerance and muscle characteristics in mice offspring are nutritionally programmed by a maternal high protein diet. **Archives of Animal Breeding**, Dummerstorf, v. 51, Special Issue, p. 27–28, 2008.

MICKE, G. C. et al. Maternal endocrine adaptation throughout pregnancy to nutrient manipulation: consequences for sexually dimorphic programming of thyroid hormones and development of their progeny. **Theriogenology**, Stoneham, v. 83, p. 604–615, 2015.

MOISÁ, S. J. et al. Maternal Plane of Nutrition during Late Gestation and Weaning Age Alter Angus × Simmental Offspring Longissimus Muscle Transcriptome and Intramuscular Fat. **Plos One**, San Francisco, 2015. (doi:10.1371/journal.pone.0131478)

MOISÁ, S. J. et al. Maternal Plane of Nutrition During Late-Gestation and Weaning Age Alter Steer Calf Longissimus Muscle Adipogenic MicroRNA and Target Gene Expression. **Lipids**, Columbia, v. 51, n. 1, p. 123-138, 2016.

MORIEL, P. et al. Frequency of wet brewers grains supplementation during late gestation of beef cows and its effects on offspring postnatal growth and immunity. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 94, p. 2553–2563, 2016. (doi:10.2527/jas2016-0427)

MUHLHAUSLER, B. S.; DUFFIELD, J. A.; MCMILLEN, I. C. Increased maternal nutrition stimulates peroxisome proliferator activated receptor- γ (PPAR γ), adiponectin and leptin mRNA expression in adipose tissue before birth. **Endocrinology**, Washington, v. 148, p. 878–885, 2007.

MOHRHAUSER, D. A. et al. The influence of maternal energy status during mid-gestation on beef offspring tenderness, muscle characteristics, and gene expression. **Meat Science**, Amsterdam, v. 110, p. 201-211, 2015.

NILSSON, E. E.; SKINNER, M. K. Progesterone regulation of primordial follicle assembly in bovine fetal ovaries. **Molecular and Cellular Endocrinology**, Amsterdam, v. 313, p. 9-16, 2009.

NISSEN, P. M. et al. Increased maternal nutrition of sows has no beneficial effects on muscle fiber number or postnatal growth e has no impact on the meat quality of the offspring. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 81, p. 3018-3027, 2003.

NOAKES, D. E. **Fertilidade e obstetrícia em bovinos**. São Paulo: Varela, 1990.

NRC - National Research Council. **Nutrient requirements of beef cattle**. 7. ed. Washington, D.C. 2000. 110 p.

NURMAMAT, T. et al. Early to Mid-Gestational Nutrient Restriction in the Ewe Programs Reduced Steroidogenic Enzyme Expression in Luteal Tissue of Mature Offspring. **Biology of Reproduction**, Madison, v. 85, p. 216, 2011.

O'CONNOR, A. M.; SARGEANT, J. M. An introduction to systematic reviews in animal health, animal welfare, and food safety. **Animal Health Research Reviews**, Cambridge, v. 15, p. 3-13, 2014.

ØSTRUP, E.; HYTTEL, P.; ØSTRUP, O. Embryo–maternal communication: signalling before and during placentation in cattle and pig. **Reproduction, Fertility and Development**, East Melbourne, v. 23, n. 8, p. 964-975, 2011.

OUNSTED, M. O. C. Maternal regulation of intrauterine growth. **Nature**, New York, v. 212, p. 687-689, 1966.

PATTEN, B. M. **Foundations of Embryology**. 2nd ed. New York: McGraw-Hill, 1964.

PÉREZ, R. P. et al. Los ácidos grasos de la dieta afectan la fisiología reproductiva en la hembra bovina: una revisión. **Tropical and Subtropical Agroecosystems**, Yucatan, v. 15, p. 153-163, 2012.

PETER, A. T. Bovine placenta: a review on morphology, components, and defects from terminology and clinical perspectives. **Theriogenology**, Stoneham, v. 80, n. 7, p.693-705, 2013.

POND, W. G. et al. Response of fetal and newborn piglets to maternal protein restriction during early or late pregnancy. **Growth, Development, and Aging**, Bar Harbor, v. 56, n. 3, p. 115–127, 1992.

QUIGLEY, S. P. et al. Effect of variable long-term maternal feed allowance on the development of the ovine placenta and fetus. **Placenta**, Amsterdam, v. 29, p. 539–548, 2008.

RAE, D. Owen. Bovine estrus: tools for detection and understanding. In: **FACTORS Affecting Calf Crop: Biotechnology of Reproduction**. Haboken: CRC Press, 2001. p. 7

RANDEL, R. D. Nutrition and postpartum rebreeding in cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 68, p. 853–862, 1990.

REDMER, D. A.; WALLACE, J. M.; REYNOLDS, L. P. Effect of nutrient intake during pregnancy on fetal and placental growth and vascular development. **Domestic Animal Endocrinology**, Amsterdam, v. 27, p. 199–217, 2004.

REHFELDT, C. et al. Advances in research on the prenatal development of skeletal muscle in animals in relation to the quality of muscle-based food. I. Regulation of myogenesis and environmental impact. **Animal**, Cambridge, v. 5, p. 718–730, 2011.

REYNOLDS, L. P. et al. Developmental programming: The concept, large animal models, and the key role of uteroplacental vascular development. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 88, p. 61- 72, 2010.

REGNAULT, T. R. H. et al. Fetoplacental transport and utilization of amino acids in IUGR-a review. **Placenta**, Amsterdam, v. 26, p. 52-62, 2005.

REYNOLDS, L. P.; REDMER, D. A. Angiogenesis in the placenta. **Biology of Reproduction**, Amsterdam, v. 64, p. 1033–1040, 2001.

REYNOLDS, L. P.; REDMER, D. A. Utero-placental vascular development and placental function. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 73, p. 1839-1851, 1995.

REYNOLDS, L.P. et al. Growth and in-vitro metabolism of placental tissues of cows from day 100 to day 250 of gestation. **Journal of Reproduction and Fertility**, London, v. 89, p. 213-222, 1990.

RICHARDS, M. W.; SPITZER, J. C.; WARNER, M. B. Effect of varying levels of postpartum nutrition and body condition at calving on subsequent reproductive performance in beef cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 62, n. 2, p. 300-306, 1986.

SAMADI, F. et al. Interrelationships of nutrition, metabolic hormones and resumption of ovulation in multiparous suckled beef cows on subtropical pastures. **Animal Reproduction Science**, Amsterdam, v. 137, n. 137, p. 44, 2013.

SIBBALD, A. M.; DAVIDSON, G. C. The effect of nutrition during early life on voluntary food intake by lambs between weaning and 2 years of age. **Animal Science**, Hoboken, v. 66, p. 697–703, 1998.

SIMMONS, R. A.; FLOZAK, A. S.; OGATA, E. S. The effect of insulin and insulin-like growth factor-I on glucose transport in normal and small for gestational age fetal rats. **Endocrinology**, Washington, v. 133, p. 1361–1368, 1993.

SINCLAIR, K. D. et al. DNA methylation, insulin resistance, and blood pressure in offspring determined by maternal periconceptional B vitamin and methionine status. **Proceedings National Academy of Sciences**, USA, n. 104, v. 49, p. 19351-19356, 2007.

STALKER, L. A. et al. Effects of pre- and postpartum nutrition on reproduction in spring calving cows and calf feedlot performance. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 84, p. 2582-2589, 2006.

STICKLAND, N. C. A quantitative study of muscle development in the bovine foetus (*Bos indicus*). **Anatomia, Histologia, Embryologia**, Hoboken, v. 7, p. 193–205, 1978.

STURMEY, R. G. et al. Role of fatty acids in energy provision during oocyte maturation and early embryo development. **Reproduction in Domestic Animals**, Hoboken, v. 44, p. 50-58, 2009.

SYMONDS, M. E. et al. Adipose tissue and fetal programming. **Diabetologia**, Bristol, v. 55, n. 6, p. 1597–1606, 2012.

TONG, J. et al. AMP-activated protein kinase and adipogenesis in sheep fetal skeletal muscle and 3T3-L1 cells. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 86, p. 1296–1305, 2008.

TONG, J. F. et al. Maternal obesity downregulates myogenesis and β -catenin signaling in fetal skeletal muscle. **American Journal of Physiology Endocrinology Metabolism**, Omaha, v. 296, p. 917-924, 2009.

TOSTE, F. P. et al. Neonatal leptin treatment programmes leptin hypothalamic resistance and intermediary metabolic parameters in adult rat. **British journal of nutrition**, Cambridge, v. 95, n. 4, p. 830-837, 2006.

TUDOR, G. D. The effect of pre- and post-natal nutrition on the growth of beef cattle. I. The effect of nutrition and parity of the dam on calf birth weight. **Australian Journal of Agricultural Research**, Sydney, v. 23, p. 389–395, 1972.

UNDERWOOD, K. R. et al. Gestational nutrition affects growth and adipose tissue deposition in steers. Proceedings, Western Section, **American Society of Animal Science**, Illinois v. 59, p. 29-32, 2008.

UNDERWOOD, K. R. et al. Nutrition during mid to late gestation affects growth, adipose tissue deposition, and tenderness in cross-bred beef steers. **Meat Science**, Amsterdam, v. 86, p. 588–593, 2010.

VONNAHME, K. A.; FORD, S. P. Differential expression of the vascular endothelial growth factor-receptor system in the gravid uterus of Yorkshire and Meishan pigs. **Biology of Reproduction**, Madison, v. 71, p. 163-169, 2004a.

VONNAHME, K. A.; FORD, S. P. Placental vascular endothelial growth factor receptor system mRNA expression in pigs selected for placental efficiency. **The Journal of physiology**, Hoboken, v. 554, p. 194-201, 2004b.

VONNAHME, K. A.; LEMLEY, C. O. Programming the offspring through altered uteroplacental hemodynamics: How maternal environment impacts uterine and umbilical blood flow in cattle, sheep and pigs. **Reproduction, Fertility and Development**, Clayton, v. 24, p. 97-104, 2011.

WALLACE, L. R. The growth of lambs before and after birth in relationship to the level of nutrition. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 38, p. 243–300, 1948.

WANG, X. et al. Maternal nutrition during pregnancy is associated with differential expression of imprinted genes and DNA methyltransferases in

muscle of beef cattle offspring. **Journal of animal science**, Champaign, v. 93, n. 1, p. 35-40, 2015.

WILSON, T. B. et al. Influence of excessive dietary protein intake during late gestation on drylot beef cow performance and progeny growth, carcass characteristics, and plasma glucose and insulin concentrations. **Journal of animal science**, Champaign, v. 94, n. 5, p. 2035-2046, 2016.

WILTBANK, J. N. Challenges for improving calf crop. **Factors affecting calf crop**, New York, p. 1-22, 1994.

WILTBANK, J. N. et al. **Influence of total feed and protein intake on reproductive performance of the beef female through second calving**. Washington, DC, USA: USDA, 1965. (Technical bulletin no. 1314)

WILTBANK, J. N. et al. Influence of post-partum energy level on reproductive performance of Hereford cows restricted in energy intake prior to calving. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 23, n. 4, p. 1049-1053, 1964.

WILTBANK, J. N. et al. Effect of energy level on reproductive phenomena of mature Hereford cows. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 21, n. 2, p. 219-225, 1962.

WU, G. et al. Board invited review: Intrauterine growth retardation: implications for the animal sciences. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 84, p. 2316-2337, 2006.

YANG, Q. Y. et al. Maternal obesity induces epigenetic modifications to facilitate Zfp423 expression and enhance adipogenic differentiation in fetal mice. **Diabetes**, San Diego, v. 62, n. 11, p. 3727-3735, 2013.

ZHU, M. J. et al. Maternal nutrient restriction upregulates growth signaling pathways in the cotyledonary artery of cow placentomes. **Placenta**, Amsterdam, v. 28, n. 4, p. 361-368, 2007.

ZHU, M. J. et al. Maternal nutrient restriction affects properties of skeletal muscle in offspring. **The Journal of Physiology**, Cambridge, v. 575, p. 241-250, 2006.

ZHU, M. J. et al. Effect of maternal nutrient restriction in sheep on the development of fetal skeletal muscle. **Biology of Reproduction**, Madison, v. 71, p. 1968-1973, 2004.

3. APÊNDICES

APÊNDICE 1: Normas utilizadas para redação do Capítulo II

INSTRUCTIONS FOR AUTHORS (REVISED 2016)

Journal of Animal Science

The Instructions for Authors, *Journal of Animal Science* (JAS) is divided into 2 sections:

I. Manuscript Preparation, which describes the Style and Form that authors must follow in the preparation of manuscripts; and

II. Policies and Procedures of JAS, which describes the mission of JAS, contact information, care and use of animals, protection of human subjects, conflict of interest, types of articles published in JAS, manuscript submission, copyright policies, review procedures and policies, papers in press, author proofs, and publication charges.

I. MANUSCRIPT PREPARATION (STYLE AND FORM)

The most important thing authors can do as they prepare their manuscripts is to consult a recent issue of JAS to see the acceptable format for headings, title page, ABSTRACT, Key words, INTRODUCTION, MATERIALS AND METHODS, RESULTS, DISCUSSION (or combined RESULTS AND DISCUSSION), LITERATURE CITED, and tables and figures (including figure captions). Each of these topics is described in this document. The headings are shown in uppercase letters to illustrate how they should appear in manuscripts. A basic manuscript template in Microsoft Word is available at <http://www.animalsciencepublications.org/publications/jas/infora>. **Manuscripts that are not consistent with the Instructions for Authors will be immediately rejected.**

General. Manuscripts must be written in English and must use American spelling and usage, as well as standard scientific usage. The following online resources provide detailed information.

- For general style and form, authors should follow that recommended in *Scientific Style and Format: The CSE Manual for Authors, Editors, and Publishers*. 7th ed. Council of Science Editors, Reston, VA.
- For American English spelling and usage, consult Merriam-Webster Online. <http://www.m-w.com/>
- For how to use numbers, refer to Policies Regarding Number Usage later in this document.
- For SI units, the National Institute of Standards and Technology provides a comprehensive guide. <http://physics.nist.gov/cuu/Units/index.html>
- For capitalization and spelling of plants, consult the USDA Plants website. <http://plants.usda.gov>
- For anatomical nomenclature, consult the current *Nomina Anatomica Veterinaria*.

www.wava-amav.org/Downloads/nav_2012.pdf

- For bacterial nomenclature, consult Approved Lists of Bacterial Names. <http://www.bacterio.net/alintro.html>

Manuscripts should be prepared double-spaced in Microsoft Word, with lines and pages numbered consecutively, using Times New Roman font at 12 points and no less than 2.54-cm (1 inch) margins all around. Special characters (e.g., Greek and symbols) should be inserted using the symbols palette available in this font. Complex equations should be entered using Math-Type (<http://www.dessci.com/en/products/mathtype/>). Tables and figures should be placed in separate sections at the end of the manuscript, and not placed in the text. Manuscripts should be uploaded to Thomson Reuters ScholarOne Manuscripts (formerly called Manuscript Central) using the fewest files possible to facilitate the review and editing processes.

Manuscripts should contain the following sections in this order.

Title Page. The title page includes a running head (the first word only and any proper nouns capitalized and no more than 45 keystrokes [i.e., characters and spaces; a space is counted as a keystroke]); the title (only the first word and any proper nouns capitalized, as brief as possible, and including the species involved); names of authors (e.g., T. E. Smith; no title, positions, or degrees) and institutions, including the department, city, state or country (all with first letters capitalized), and ZIP or postal code. Author affiliations are footnoted using the symbols *, †, ‡, §, #, ¶, and ¶ and are placed below the author names. If a consortium is listed in the byline, a footnoted reference to a website showing the names and affiliations of each member of the consortium should be included in acknowledgements; names and affiliations of each member of the consortium will not be listed on the title page. Superscript numbers are used to reference footnotes on the first page. Acknowledgments, including acknowledgements of consortia, grants, experiment station, or journal series number, are given as a footnote to the title. **Authors disclosing potential or actual conflicts of interest related to the research presented in the manuscript should describe this in a footnote with other acknowledgements (for details, see *Conflict of Interest*).**

Abstract. ABSTRACT consists of no more than 2,500 keystrokes (characters and spaces) in one paragraph and contains a summary of the pertinent results, with statistical evidence (i.e., *P*-values), in a brief but understandable form, beginning with a clear statement of the objective and ending with the conclusions, with no references cited. Abbreviations in the abstract that are not in **Standard JAS Abbreviations** must be defined at first use.

Key words. List up to 6 key words or phrases

Instructions for Authors of *Journal of Animal Science*

including the species, variables tested, and major response criteria. The first letter of each key word is lowercase, unless it is a proper noun; key words are separated by commas and presented in alphabetical order; and no abbreviations should be used. Because major words in the title are not used for the subject index, which is published in the last issue of each volume of *JAS*, appropriate words from the title should be listed as key words.

Introduction. INTRODUCTION must not exceed 2,000 keystrokes (characters and spaces) and must contain a brief justification for conducting the research, the hypotheses to be tested, and the objective(s). Extensive discussion of relevant literature should be included in DISCUSSION, not in INTRODUCTION.

Materials and Methods. MATERIALS AND METHODS is a required section and must contain a clear description or specific original reference for all biological, analytical, and statistical procedures. All modifications of procedures must be explained. Diets, dates of experimental activities if appropriate, animals (breed, sex, age, body weight, and weighing conditions [i.e., with or without restriction of feed and water]), surgical techniques, measurements, and statistical models should be described clearly and fully. Manufacturer information must be provided at the first mention of each proprietary product used in the research (for details see, **Commercial Products**). Appropriate statistical methods should be used, although the biology should be emphasized. The threshold (e.g., $P < 0.05$) for significance should be stated. A statement of the results of the statistical analysis should justify the interpretations and conclusions. The experimental unit is the smallest unit to which an individual treatment is imposed. Measurements on the same experimental unit over time are not independent and should not be considered as independent experimental units. Provide a validation for assays (e.g., mean and CV for repeated analysis of a sample [both between and within-assay if available] and the sensitivity [minimum amount or concentration detectable]). Also, provide a publication reference for the methods used in kits. Centrifugal force should be provided in $\times g$, not rpm, and duration and temperature of centrifugation must be included. Include volume of blood collected, container used, and amount of preservative or anticoagulant (e.g., 10 μ L of heparin).

Results. RESULTS are presented in the form of tables or figures when feasible. The text should explain or elaborate on the tabular data, but numbers should not be repeated within the text. Sufficient data, all with some index of variation attached, including significance level (i.e., P -value), should be presented to allow readers to interpret the results of the experiment. Reporting the P -value is preferred to the use of the terms significant and highly significant, which are more editorial than quantitative descriptions. Thus, the P -value (e.g., $P = 0.042$ or $P < 0.05$) should be presented, thereby allowing readers to decide what to reject. Other probability (α) levels may be discussed if properly qualified so that the reader is not misled (e.g., trends in the data).

Discussion. DISCUSSION contains the author's, or authors', interpretations of the results of the study. The presentation should be clear and concise, address biological mechanisms and their significance, and integrate the research findings with the body of previously published literature to provide readers with a broad base on which to evaluate the author's, or authors', interpretations and assertions. Authors may speculate, but they should make it clear that their statements are speculative, rather than factual. A stand-alone DISCUSSION should not refer to any tables or figures, nor should it include P -values, unless citing a P -value from another work. The discussion must be consistent with the data from the research.

Results and Discussion. In *JAS*, authors have the option of combining the results and discussion into one section.

Literature Cited. To be listed in LITERATURE CITED, papers must be published or accepted for publication ("in press"). Personal communications and unpublished data must not be included in LITERATURE CITED. Guidelines and formats for references and citations are described in the Literature Cited Section of this document.

Tables and Figures. Tables and figures must be prepared so they meet the stand-alone criterion; that is, information in a table or figure can be understood without referring to information in the body of the manuscript. Tables and figures shall be placed at the end of the manuscript. Each table and each figure shall be placed on a separate page (separated with section breaks) and identified with table and figure numbers. Author-defined abbreviations must be defined (or redefined) in each table and figure. Manufacturer name and location must be provided for any proprietary product appearing in a table or figure.

Tables must be created using the table feature in MS Word (for instructions, see **Guidelines for Creating Tables Using Microsoft Word** (<http://www.animalsciencepublications.org/files/publications/jas/wordtableguidelines-jas.pdf>)). Refer to a recent issue of *JAS* for examples of table construction. When possible, tables should be organized to fit across the page (i.e., portrait layout) without running broadside (i.e., landscape). Each column must have a heading (e.g., Item, Ingredient, Trait, Fatty acid). Units (e.g., kg) should be separated from headings by a comma, rather than being shown in parentheses. Limit the data field to the minimum needed for meaningful comparison within the accuracy of the methods. In the body of the table, numerals are used to reference footnotes. Each footnote should begin on a new line. Lowercase, superscript letters are used to indicate significant differences among means within a row or column and to reference footnotes explaining how to interpret the letters.

Figures should follow the **Quality Guidelines for *Journal of Animal Science* (*JAS*) Figures** (<http://www.animalsciencepublications.org/files/publications/jas/infora-guidelines-for-figures.pdf>). Figure captions should be typed double-spaced on a separate page. Now that *JAS* is a fully electronic publication, authors are encouraged to use color to enhance fig-

Instructions for Authors of *Journal of Animal Science*

ures; there are no additional fees for color figures and images in issues of *JAS*.

Individuals may purchase print-on-demand copies of *JAS* issues from Sheridan Press. Print-on-demand copies will contain gray-scale, rather than color, figures and images. To purchase these, contact Sheridan at *Journal of Animal Science* or American Society of Animal Science, PO Box 465, Hanover, PA 17331 P: 717-632-3535, F: 717-633-8920, E: pubsvctsp@sheridan.com.

Appendices. An appendix or appendices are optional and used to provide numerical examples or give extensive detail of analytical procedures. However, if the supplemental material is of interest only to a limited number of *JAS* readers, it should not be included as an appendix. Instead, state that supplemental information is available on request from the corresponding author; addresses for websites with appropriate supplemental information are acceptable. If extensive, the data may be included as an e-supplement to the manuscript (see *E-Supplements*). Appendices should follow LITERATURE CITED and be introduced with a major heading (e.g., APPENDIX 1: TITLE).

E-Supplements. Authors may present material in an e-supplement (e.g., detailed data sets, Excel files, and video) that is more extensive or detailed than necessary for a *JAS* article. A note will appear in the *JAS* article that more material can be found online. Material in an e-supplement must undergo peer review and, thus, should be in a format that is easily accessible (i.e., does not require dedicated software or software that is not generally available) to most reviewers and readers.

Additional Usage Notes

Numbers. For details, see *Policies Regarding Number Usage for Journal of Animal Science* later in this document.

Abbreviations. Except to begin a sentence and when specifically contraindicated (e.g., units of time should only be abbreviated when used with a number), authors must use the abbreviations that are listed in this document under **STANDARD JAS ABBREVIATIONS**. Abbreviations in the text that are not listed in **STANDARD JAS ABBREVIATIONS** must be defined at first use, unless they are international abbreviations for elements, units of measure, amino acids, and chemicals, as examples. Abbreviations listed in **STANDARD JAS ABBREVIATIONS** or standard international abbreviations cannot be used to create author-defined abbreviations (e.g., t = metric ton and cannot be used as an abbreviation for time, temperature, or treatment; C = carbon and cannot be used for Control).

Once defined, author-defined abbreviations should always be used, except to begin a sentence. Author-defined abbreviations must be defined in the abstract and redefined at first use in the body of the manuscript, in each table, and in each figure. Authors should avoid excessive use of author-defined abbreviations.

Gene and Protein Names. Because there is no universally accepted style for gene and protein names

that applies to all species, the *JAS* asks authors to assume the responsibility of using the convention appropriate for the particular species. Some general guidelines can be found in the *CSE Manual for Authors, Editors, and Publishers* (7th ed., 2006). For example, the gene that codes for the protein p53 is *TP53* in humans and *Trp53* in mice (note that, by convention, gene names are italicized, and protein names are generally not italicized).

Quantitative Trait Loci and DNA Markers and Microarray Data. Authors of papers that contain original quantitative trait loci (QTL) or DNA marker-association results for livestock are strongly encouraged to make their data available in an electronic form to one of the publicly available livestock QTL databases *after the manuscript appears on the JAS First Look website* (<http://www.animalsciencepublications.org/publications/jas/first-look>). The date on which the paper is posted to the *JAS*-Papers in Press website may represent the official public disclosure date for the contents of the article. Current QTL databases for livestock include, but may not be limited to, the Animal QTL database (<http://www.animalgenome.org/QTLdb>) and the Bovine QTL database (<http://genomes.sapac.edu.au/bovineqtl/index.html>). Similarly, for microarray data we request that all authors using microarray data analysis in their research submit a complete data set to 1 of 3 databases before submission of a manuscript: the NCBI Gene Expression Omnibus (GEO; <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/projects/geo>), the EMBL-EBI ArrayExpress repository (<http://www.ebi.ac.uk/arrayexpress>), or the Center for Information Biology Gene Expression (CIBEX) database.

Commercial Products. The use of names of commercial products should be minimized. When a commercial product is used as part of an experiment, the manufacturer name and location (city and state if in the US; city, administrative region or district [e.g., province], and country if outside the US) or a website address must be given parenthetically at first mention in text, tables, and figures. The generic name should be used subsequently. No TM, ®, or © symbols should be used.

General Usage.

- Abbreviations are not used to begin sentences. Words must be spelled out.
- "Sex" should be used, rather than "gender." Gender is more appropriate for describing a role in society than for describing biological sex.
- State total sample size (e.g., the study included a total of 600 animals), rather than using "N" to represent total sample size.
- The hierarchy for brackets and parentheses is [()]. For example, [(2 + 3) × (12 ÷ 2)] × 2 = 60.
- Meat shear force should be expressed in kilograms (kg), although newtons (N) may also be acceptable.
- Report time using the 24-h system (e.g., 1410 h rather than 2:10 p.m.).
- Use italics to designate genus and species (e.g., *Bos taurus*) and botanical varieties (e.g., *Medi-*

Instructions for Authors of *Journal of Animal Science*

ago sativa var. Potomac). Designations for botanical cultivars should be preceded by "cv." or enclosed in single quotes (e.g., *Festuca arundinacea* cv. Kentucky 31 or *Festuca arundinacea* 'Kentucky 31').

- Names of muscles are not italicized.
- Specify the basis (i.e., as-fed or dry matter) for dietary ingredient and chemical composition data listed in text or in tables. Similarly, specify the basis for tissue composition data (e.g., wet or dry basis).
- Calculations of efficiency should be expressed as output divided by input (i.e., gain:feed, not feed:gain).
- A diet is a feedstuff or a mixture of feedstuffs; a ration is the daily allotment of the diet.
- The word "Table" is capitalized and never abbreviated.
- Except to begin a sentence, the word "Figure" should be abbreviated to "Fig."
- Except to begin a sentence, experiment and equation should be abbreviated to Exp. and Eq., respectively, when preceding a numeral (e.g., Exp. 1).
- Avoid jargon unfamiliar to scientists from other disciplines. Do not use the term "head" to refer to an animal or group of animals. Instead, use animal, sow, ewe, steer, heifer, cattle, etc.
- Avoid bi- as a prefix because of its ambiguity; biweekly means twice per week and once every 2 weeks.
- Breed and variety names should be capitalized (e.g., Landrace and Hereford).
- Trademarked or registered names should be capitalized, but no TM or ® symbols should be used.

II. POLICIES AND PROCEDURES OF JAS

The mission of the American Society of Animal Science (ASAS) is to "***foster the discovery, sharing, and application of scientific knowledge concerning the responsible use of animals to enhance human life and well-being***" (<https://asas.org/about-asas/history-and-mission>). The *Journal of Animal Science*, which is published monthly by ASAS, accepts manuscripts presenting information for publication with this mission in mind.

The *JAS* is divided into the following Sections: Animal Genetics; Animal Nutrition: Nonruminant Nutrition; Animal Nutrition: Ruminant Nutrition; Animal Physiology; Animal Production; Animal Products; Special Topics; and Symposia, which contains invited manuscripts from symposia at ASAS meetings. Manuscripts that do not fit one of the *JAS* Sections will not be considered for publication.

The Editor-in-Chief, Associate Editor-in-Chief, Managing Editor, and Section Editors establish the editorial policies of *JAS*, subject to review by the publications committee and ASAS Board of Directors. The views expressed in articles published in *JAS* represent the opinions of the author(s) and do not necessarily reflect the official policy of the institution with

which an author is affiliated, the ASAS, or the *JAS* Editor-in-Chief. Authors are responsible for ensuring the accuracy of collection, analysis, and interpretation of data in manuscripts and ultimately for guaranteeing the veracity of the contents of articles published in *JAS*.

Contact Information

For information on the scientific content of the journal, contact the Editor-in-Chief, Dr. James Sartin, American Society of Animal Science, P.O. Box 7410, Champaign, Illinois 61826-7410; e-mail: jsartin@asas.org.

For questions about submitting a manuscript and ScholarOne Manuscripts, contact Mr. Brett Holte, Submission Services Manager; e-mail: bholte@sciencesocieties.org.

For assistance with author proofs, contact Ms. Emily Mueller, Managing Editor; e-mail: emueller@sciencesocieties.org.

Care and Use of Animals

All authors submitting to *JAS* must complete the Care and Use of Animals form certifying that any research that involves animals has followed established standards for the humane care and use of animals and must specify which standards were used. Only investigations that have followed high standards for the humane care and use of animals in research will be reported in *JAS*.

Also, the manuscript must include a statement of institutional animal care and use committee (IACUC), or equivalent, approval of all animal procedures. The IACUC statement should appear as the first item in MATERIALS AND METHODS and should specify which publically available animal care and use standards were followed (e.g., ADSA-ASAS-PSA Guide for Care and Use of Agricultural Animals in Research and Teaching; Primary Industries Ministerial Council, Model code of practice for the welfare of animals: the sheep). The manuscript should describe anesthetics, analgesics, tranquilizers, and care taken to minimize pain and discomfort during preoperative, operative, and postoperative procedures. If research requires discomfort to the animals or stressful conditions, justification for these conditions must be evident in papers published in *JAS*.

Protection of Human Subjects

In the United States, federally funded or regulated research involving human subjects must comply with Code of Federal Regulations (CFR), Title 45 Public Welfare, Part 46 Protection of Human Subjects. However, CFR 45 Part 46.101(b) exempts some research from these regulations. For all exempted research and other details, see <http://www.hhs.gov/ohrp/human-subjects/guidance/45cfr46.html>. Exempted research includes that in which the only involvement of human subjects is for "taste and food quality evaluation and consumer acceptance if 1) wholesome foods without additives are consumed or 2) a food is consumed that contains a food ingredient at or below the level and for

Instructions for Authors of *Journal of Animal Science*

a use found to be safe, or agricultural chemical or environmental contaminant at or below the level found to be safe, by the Food and Drug Administration or approved by the Environmental Protection Agency or the Food Safety and Inspection Service of the U.S. Department of Agriculture.” If human subjects were used in exempted research and the research was in compliance with CFR 45 Part 46, or equivalent regulations where the research was conducted, authors must state in **MATERIALS AND METHODS** or acknowledgements that they were in full compliance. If human subjects were used in research that was not exempted in CFR 45 Part 46, or equivalent regulations where the research was conducted, authors must certify that the research received a priori approval from an appropriate Institutional Review Board.

Conflict of Interest

All *JAS* editors, ASAS staff, ASAS Board of Directors, and submitting authors must disclose any actual or potential conflicts of interest that may affect their ability to objectively present or review research or data. This generally includes any relevant professional, personal, political, intellectual, religious, or financial interest in, or relationship with, an individual or business that could have an actual or perceived influence, positive or negative, on the conduct and publication of the research or data. Financial relationships generally refer to financial benefits accrued to authors through avenues such as salary, consulting fees, honoraria (including paid holidays, use of vacation property, country club privileges, and other nonmonetary rewards for service), intellectual property rights, royalties, business ownership, and investments, other than diversified mutual funds or the equivalent.

Disclosures for *JAS* authors are to be provided as an acknowledgement on the title page of a manuscript (for instructions, see **Title Page**). The *JAS* may use such information as a basis for editorial and publication decisions, and may publish such disclosures if that is deemed relevant and sufficient. The *JAS* editors, ASAS staff, and ASAS Board of Directors with actual or potential conflicts of interest that may affect their ability to objectively evaluate or manage a manuscript will be prevented from gaining access to the manuscript and associated documents, unless they are an author or coauthor, in which case ScholarOne Manuscripts will limit their access to the Corresponding Author Center. When the current Editor-in-Chief, for example, has an actual or potential conflict of interest with a manuscript, a former Editor-in-Chief will assume the responsibilities of the Editor-in-Chief for that manuscript.

Types of Articles

Articles published in *JAS* encompass a broad range of research topics in animal production and fundamental aspects of genetics, nutrition, physiology, and preparation and utilization of animal products. Many articles are multidisciplinary and cannot be conveniently categorized. Articles typically

report research with cattle, goats, pigs, and sheep. However, studies involving other farm animals (e.g., poultry and meat and working horses) and companion animals, including performance and recreational horses, aquatic, and wildlife species will be considered for publication. Studies with laboratory animal species that address fundamental questions related to the biology of livestock, companion animals, and other managed animals may be considered.

The preceding paragraph is not meant to exclude manuscripts but, rather, is a clarification of the focus of *JAS*. Authors may contact the Editor-in-Chief or Associate Editor-in-Chief if there are questions about whether the topic of a manuscript is appropriate for *JAS*.

Research Articles. Results of research contained in manuscripts submitted to *JAS* must not have been published in or submitted previously to a peer-reviewed scientific journal. Previous presentation at a scientific meeting or the use of data in field-day reports or similar documents, including press publications or postings to personal or departmental websites, do not preclude the publication of such data in *JAS*. However, abstracts, proceedings papers, field-day reports, or similar presentations that are expanded to produce full-length manuscripts should be referenced and cited in *JAS* manuscripts. Articles simultaneously posted to websites and submitted to *JAS* should carry a disclaimer on the website that this version of the paper has not undergone *JAS* peer-review and is not to be considered the final published form of the article. If the article has been published in *JAS*, the author should include the complete *JAS* citation so that proper credit can be given to *JAS* as the publisher of the article. Because *JAS* holds the copyright to articles it publishes, posting altered *JAS* articles that are represented as exact duplicates of the published version constitutes copyright violation.

Review Articles. The journal publishes invited review articles. The Editor-in-Chief, in consultation with the Associate Editor-in-Chief, Section Editors, and the ASAS Board of Directors, identifies invited reviews. Section Editors may solicit proposals for review articles to be published in *JAS*, after consultation with and approval by the Editor-in-Chief; the authors may be responsible for a portion of the publication charges for invited reviews. Unsolicited review articles will not be considered.

Special Topics. This Section includes Biographical or Historical Sketches and Contemporary Issues in the animal sciences. Even though Biographical or Historical Sketches are part of the Special Topics Section, they will be published on the ASAS website and in the Association News section of *JAS*. The frequency of publication depends on the availability of the prepared sketches. For more information, see <http://www.animalsciencepublications.org/publications/jas/infora..>

Contemporary Issues include topics such as environmental concerns, legislative proposals, systems analysis, and various “newsworthy” scientific issues. Even though Contemporary Issues manuscripts do not have to include original data, authors’ assertions

Instructions for Authors of *Journal of Animal Science*

should be substantiated with references to established information from credible published sources.

Special Topics papers will be subject to peer review in a manner similar to other *JAS* submissions. Because of the nature of these manuscripts, their format may vary from that of standard scientific articles, although ABSTRACT and INTRODUCTION must be consistent with keystroke (characters and spaces) limitations defined earlier in this document.

Teaching articles should be submitted to *Natural Sciences Education*, which is a joint venture of several professional societies, including the ASAS. Articles in *Natural Sciences Education* are "written by and for educators in extension, universities, industry, administration, and grades K-12" and highlight teaching techniques, concepts, ideas, and other teaching-related issues. The goal is build a portfolio of teaching-related articles that can be accessed at a single location. For detailed information about *Natural Sciences Education*, see <https://www.agronomy.org/publications/nse>.

Rapid Communications. *JAS* is now considering rapid publication of short communications that are considered novel and highly significant to animal science. Submitted papers should follow *JAS* guidelines, but are restricted to 2 figures or tables or a combination of 1 figure/1 table. The words "Rapid Communication:" should begin the title. When preparing the file, please include the following at the top of the first page, in bolded text: **NOTE: THIS IS A RAPID COMMUNICATION SUBMISSION.** This note will ensure that the submission is processed immediately.

The final published paper will be no more than 5 printed pages (approximately 15 Word file pages). A *JAS* Section Editor handles the review and outcome is to accept or reject the paper. The reviews will generally be complete by 2 weeks and if accepted, added to the First Look page within 2 days and placed in the next available journal issue. If significant revisions are needed, the Section Editor will reject the manuscript and require a new submission. Generally there will not be a revision. All papers are subject to the \$100 submission fee (applied towards publication if accepted). The manuscript will be published **Open Access** and the fee for publication of this rapid format will be \$1,000 (members) and \$2,000 (nonmembers).

Technical Notes. A technical note is used to report a new method, technique, or procedure of interest to *JAS* readers. When possible, a technical note should include a comparison of results from the new method with those from previous methods, using appropriate statistical tests. The advantages and disadvantages of the new procedure should be discussed. When typeset for publication, a technical note shall not exceed 10 pages (approximately 18 Microsoft Word document pages), including tables and figures. "Technical note:" shall be the first portion of the title of such manuscripts. The review process for a technical note will be the same as that for other manuscripts. Information that is more extensive or detailed than necessary for a Technical note may be

presented in an e-supplement (see *E-Supplements*). Short communications, brief communications, and similar types of articles will not be considered for publication in *JAS*.

Letters to the Editor. A letter judged suitable for publication will be printed in a "Letters to the Editor" section of *JAS*. The purpose of this section is to provide a forum for scientific exchange relating to articles published in *JAS*. To be acceptable for publication, a letter must adhere to the following guidelines. 1) Only a letter that addresses matters of science and relates to information published in *JAS* will be considered. In general, a letter should not exceed 5,000 keystrokes and should contain no more than 5 citations. 2) A letter should provide supporting evidence based on published data for the points made or must develop logical scientific hypotheses. A letter based on conjecture or unsubstantiated claims will not normally be published. No new data may be presented in a letter. 3) The Editor-in-Chief will evaluate each letter and determine whether a letter is appropriate for publication. If a letter is considered appropriate, the author(s) of original *JAS* article(s) will be invited to write a letter of response. Normally both letters will be published together. 4) All letters will be subject to acceptance and editing by the Editor-in-Chief and editing by a technical editor.

SUBMISSION OF MANUSCRIPTS

Manuscripts should be submitted electronically through ScholarOne Manuscripts at <http://mc.manuscriptcentral.com/jas>. Authors with questions about using the electronic manuscript submission system or, for technological reasons, are unable to submit manuscripts electronically may contact Mr. Brett Holte (bholte@sciencesocieties.org).

Please note: in 2016, *JAS* instituted a submission fee equivalent to the page charges for one page at the membership rate. The submission fee must be paid at the time of submission, but will be credited towards total page charge fee if the article is published. **Please note:** the submission fee is not refundable if the article is rejected.

Section titles

Each author will be prompted to choose a section for grouping articles within the table of contents.

1. Animal Behavior and Cognition
2. Animal Genetics and Genomics
3. Animal Health and Well Being
4. Animal Models
5. Arid Land Animal Production
6. Cell and Molecular Biology
7. Companion Animal Biology
8. Companion Animal Nutrition
9. Dairy Products
10. Environmental Animal Science
11. Exercise Physiology

Instructions for Authors of *Journal of Animal Science*

REVIEW OF MANUSCRIPTS

12. Feeds
13. Fetal Programming
14. Forage Based Livestock Systems
15. Gastrointestinal Biology
16. Growth Biology
17. Housing and Management
18. Immunology
19. Integrated Animal Science
20. Lactation and Mammary Gland Biology
21. Meat Science
22. Metabolism and Metabolomics
23. Microbiology
24. Microbiome
25. Molecular Nutrition
26. Muscle Biology
27. Neuroendocrinology
28. Non ruminant nutrition
29. Pasture and Grazing Lands
30. Proteomics
31. Reproduction
32. Ruminant Nutrition
33. Special Topics
34. Sustainable Animal Science and Practices
35. Symposia
36. Technology in Animal Science
37. Toxicology
38. Wildlife Management
39. Zoo and Exotic Animal Management and Nutrition
40. Board Invited Reviews

Copyright Agreement

Authors shall complete the Manuscript Submission and Copyright Release form for each new manuscript submission. The form is completed during the submission process through ScholarOne Manuscripts. Authors, such as United States government employees, who are unable to grant copyright to ASAS must indicate the reason for exemption on the form; material that was produced as an official duty of a U.S. Government employee is considered public domain. The American Society of Animal Science holds the copyright to material published in *JAS*. Persons who wish to reproduce material in *JAS* must request written permission to reprint copyrighted information from the Managing Editor, Ms. Emily Mueller (emueller@sciencesocieties.org). Likewise, authors of *JAS* manuscripts who include material (usually tables or figures) taken from other copyrighted sources must secure permission from the copyright holders and provide evidence of this permission at the time the manuscript is submitted to *JAS* for review. Tables or figures reproduced from the work of others, or data extracted from the work of others and used to construct summary tables (or figures) or for meta-analyses, must include an acknowledgement of the original source in a footnote or legend and, when appropriate, a complete citation in LITERATURE CITED. The ASAS, however, grants to the author(s) of *JAS* articles the right of republication in any book of which he or she is author or editor, subject only to his or her giving proper credit in the book to the original *JAS* publication of the article by ASAS.

General Procedures. The Editor-in-Chief, Associate Editor-in-Chief, and Section Editors determine whether manuscripts are suitable for publication in *JAS*. All communications about a submitted manuscript should maintain confidentiality. The Associate Editor-in-Chief and Section Editors handle correspondence with the peer reviewers and corresponding author and promptly decide whether a manuscript should be accepted, revised, or rejected. A Section Editor's decision to accept, invite revision, or reject a manuscript after peer review is based on peer-reviewer comments and recommendations and the Section Editor's own review of the manuscript. Section Editors forward document files for accepted and rejected manuscripts to the Editor-in-Chief. After acceptance, manuscript files are forwarded to the technical editors. The Editor-in-Chief is the final arbiter concerning acceptance or rejection of manuscripts submitted for publication.

Rejections. Manuscripts are rejected for 3 general reasons. 1) The substance of the manuscript may not meet *JAS* standards; the work may be incomplete, the evidence may not support the conclusions, the experimental approach may be poorly conceived, or the work may repeat established fact or represent no advancement of the existing knowledge. 2) Even though the work may be sound and the results valid, the paper may be better suited for publication elsewhere. 3) Manuscripts are not written clearly, concisely, and coherently, or they are not consistent with guidelines in the 2016 Instructions for Authors, *Journal of Animal Science*. These manuscripts may be rejected without review. Authors whose first language is not English are urged to have an editing service review their manuscripts before they are submitted to *JAS*. However, *JAS* considers the authors, and not an editing service, responsible for the content of manuscripts.

Appeals. If a manuscript is rejected, as a first course of action the author should discuss the matter with the Section Editor responsible for the manuscript. Decisions must be appealed to the Editor-in-Chief if the author(s) believe(s) that the judgment was erroneous or biased. A letter presenting the reasons for the appeal should be sent to the Editor-in-Chief. The Editor-in-Chief will review the author's reasons, all documents related to the manuscript, and, if necessary, consult with the Section Editor responsible for the manuscript. The Editor-in-Chief will then decide whether to accept or deny the appeal.

Revisions. Most manuscripts that are eventually accepted for publication are returned to the author(s) at least once for revision. All revised manuscripts must be returned to Section Editors via *JAS* ScholarOne Manuscripts. Authors will be permitted 15 days to revise and return manuscripts classified as Minor Revision and permitted 35 days to revise and return manuscripts classified as Major Revision. ScholarOne Manuscripts prompts reviewers to classify manuscripts as Minor Revision or Major Revision.

Manuscripts that exceed the revision-option deadline will be withdrawn. Extenuating circumstances

Instructions for Authors of *Journal of Animal Science*

may justify the need to extend the revision-option deadline. Requests for extensions must be communicated to the Section Editor responsible for the manuscript before the revision-option expires. The Revision Checklist for Authors is sent with requests for revision (<http://www.animalsciencepublications.org/files/publications/jas/jas-revision-checklist.pdf>). Authors should closely follow the Checklist.

PAPERS IN PRESS, AUTHOR PROOFS, AND PUBLICATION CHARGES

Papers in Press. To facilitate earlier disclosure of research results, accepted manuscripts will be assigned a digital object identifier (doi) and posted to the *JAS* First Look site (<http://www.animalsciencepublications.org/publications/jas/first-look>) in the form in which they are accepted. The authors bear the primary responsibility for the content of manuscripts posted to the Papers in Press site. Because articles posted to this site have not been professionally edited and typeset, and are frequently changed in response to questions from editors, they do not represent the final, published form of the manuscript. The date a complete monthly issue of *JAS* is posted online is the official publication date for *JAS* articles. However, the date on which a manuscript is posted to the *JAS*-Papers in Press website may represent the official public disclosure date for the contents of the article. Authors concerned about intellectual property issues, such as patents and disclosure dates, should seek legal counsel before submitting manuscripts to a scientific journal.

Author Proofs. Accepted manuscripts are forwarded to the editorial office for technical editing and typesetting. During this process, the technical editor may add queries to ask the authors for missing information, to clarify points, or to update figures. The manuscript is then typeset, figures processed, and author proofs (also called galley proofs) prepared. Queries are included in the galley proofs. Correspondence concerning the accepted manuscript should be directed to the Managing Editor.

Proofs of all manuscripts will be provided to the corresponding author and should be read carefully and checked against the typed manuscript. Accuracy of the author proof is the sole responsibility of the author(s). Corrections may be returned by e-mail (preferred), or by fax if necessary. For faxed corrections, changes to the proof should be made neatly and clearly in the margins of the proof. Notes created with Adobe editing tools and pointing to specific locations for corrections are preferred. Changes e-mailed to the Managing Editor, if not noted directly on the Adobe PDF file, must indicate page, column, and line numbers for each correction to be made on the proof. Editor queries should be answered on the galley proofs; failure to do so may delay or prevent publication. Excessive author changes made at the proof stage may result in a \$250 surcharge for additional typesetting, and they may be deemed so excessive that the manuscript will be returned to the Section Editor for additional scientific review.

Publication Charges and Reprints. The journal has 2 options available for publication: open access and conventional page charges. For the open access option, authors will pay the open access fee when proofs are returned to the editorial office so that their article will become freely available upon publication in an online issue of *JAS*. Charges for open access publication are \$2,500 per article if at least one author is a current professional member of ASAS; the charge is \$3,250 when no author is a professional ASAS member. For conventional publication, the charge is \$100 per printed page in *JAS* if at least one author is a professional ASAS member; the page charge is \$200 when no author is a professional member of ASAS. Reprints may be ordered at an additional charge.

Professional membership in ASAS is available to any person who has research, educational, commercial, or administrative responsibilities or interests in the broad disciplines within animal science. Complete details are available at the following website: www.asas.org/membership-services/member-information.

When the author proof is sent, the author is asked to complete a reprint order form requesting the number of reprints desired and the name of the institution, agency, or individual responsible for publication charges. Now that *JAS* is a fully electronic publication, there are no additional charges for color figures and images that appear in electronic issues of *JAS*. However, authors who order reprints are responsible for paying any additional charges for printing reprints that contain color.

STANDARD *JAS* ABBREVIATIONS

The following abbreviations should be used without definition in *JAS*. Plural abbreviations do not contain a final "s" because the context of an abbreviation implies whether it is singular or plural. Use of the standard 3-letter abbreviations for amino acids (e.g., Ala) is acceptable in *JAS*. Use of the internationally recognized chemical symbols for chemical elements (e.g., P and S) is acceptable in *JAS*. Except for N (not italicized), which is the recognized abbreviation for nitrogen and newton (unit of force), chemical symbols for elements are reserved for elements (e.g., C is for carbon and never for control). For chemical units and abbreviations, refer to the ACS Style Guide (published by the American Chemical Society, Washington, DC).

Physical units

Item	Unit
Bq	becquerel
°C	degree Celsius
cal	calorie
Ci	curie
cM	centimorgan (spell out morgan if used without a prefix)
Da	dalton

Instructions for Authors of *Journal of Animal Science*

Eq	equivalent (only can be used with a prefix; e.g., mEq)	R^2	multiple coefficient of determination
g	gram	s^2	variance (sample)
ha	hectare	SD	standard deviation (sample)
Hz	hertz	SE	standard error
IU	international unit	SED	standard error of the differences of means
J	joule	SEM	standard error of the mean
L	liter	t	t -(or Student) distribution
lx	lux	α	probability of Type I error
m	meter	β	probability of Type II error
M	molar (concentration; preferred over mol/L)	μ	mean (population)
mol	mole	σ	standard deviation (population)
N	newton (N not italicized)	σ^2	variance (population)
N	normal (concentration)	χ^2	chi-squared distribution
Pa	pascal		
rpm	revolutions/minute (not to be used to indicate centrifugal force)		
t	metric ton (1,000 kg)		
V	volt		
W	watt		

Units of time

Item	Unit
s	second
min	minute
h	hour
d	day
wk	week
mo	month
yr	year

Statistical symbols and abbreviations

Item	Term
ANOVA	analysis of variance
CI	confidence interval
CV	coefficient of variation
df	degree(s) of freedom (spell out if used without units)
F	F -distribution (variance ratio)
LSD	least significant difference
n	sample size (used parenthetically or in footnotes; note italics)
P	probability
r	simple correlation coefficient
r^2	simple coefficient of determination
R	multiple correlation coefficient

Others

Item	Term
AA	amino acid(s)
ACTH	adrenocorticotrophic hormone
ADF	acid detergent fiber (assumed sequential unless designated otherwise)
ADFI	average daily feed intake (not to be confused with DMI)
ADG	average daily gain
ADIN	acid detergent insoluble nitrogen
ADL	acid detergent lignin
ADP	adenosine diphosphate
AI	artificial insemination
AIA	acid insoluble ash
ARS	Agricultural Research Service
ATP	adenosine triphosphate
avg	average (use only in tables, not in the text)
BCS	body condition score
BLUE	best linear unbiased estimate
BLUP	best linear unbiased prediction
bp	base pair
BSA	bovine serum albumin
BTA	<i>Bos taurus</i> chromosome
BW	body weight (used for live weight)
cDNA	complementary deoxyribonucleic acid
C/EBP	CAAT-enhancer binding protein
cfu	colony-forming unit
CIE	International Commission on Illumination (Commission Internationale d'Eclairage)
CLA	conjugated linoleic acid
CoA	coenzyme A

Instructions for Authors of *Journal of Animal Science*

Co-EDTA	cobalt ethylenediaminetetraacetate	IL	interleukin
CP	crude protein ($N \times 6.25$)	IVDMD	in vitro dry matter disappearance
D	dextro-	kb	kilobase(s)
diam.	diameter	KPH	kidney, pelvic, heart fat
DE	digestible energy	L	levo-
DEAE	(dimethylamino)ethyl (as in DEAE-cellulose)	LD ₅₀	lethal dose 50%
DFD	dark, firm, and dry (meat)	LH	luteinizing hormone
DM	dry matter	LHRH	luteinizing hormone-releasing hormone
DMI	dry matter intake	LM	longissimus muscle
DNA	deoxyribonucleic acid	ME	metabolizable energy
EBV	estimated breeding value(s)	MP	metabolizable protein
eCG	equine chorionic gonadotropin	mRNA	messenger ribonucleic acid
EDTA	ethylenediaminetetraacetic acid	MUFA	monounsaturated fatty acid
EFA	essential fatty acid	NAD	nicotinamide adenine dinucleotide
EIA	enzymeimmunoassay	NADH	reduced form of NAD
ELISA	enzyme-linked immunosorbent assay	NDF	neutral detergent fiber
EPD	expected progeny difference(s)	NDIN	neutral detergent insoluble nitrogen
Eq.	Equation(s)	NE	net energy
Exp.	experiment (always followed by a numeral)	NE _g	net energy for gain
FFA	free fatty acid(s)	NE _l	net energy for lactation
FSH	follicle-stimulating hormone	NE _m	net energy for maintenance
GEBV	genomic estimated breeding value(s)	NEFA	nonesterified fatty acid
<i>g</i>	gravity	No.	number (use only in tables, not in the text)
GE	gross energy	NPN	nonprotein nitrogen
G:F	gain-to-feed ratio	NRC	National Research Council
GLC	gas-liquid chromatography	o.d.	outside diameter
GLM	general linear model	OIE	World Organisation for Animal Health (Office International des Epizooties)
GnRH	gonadotropin-releasing hormone	OM	organic matter
GH	growth hormone	PAGE	polyacrylamide gel electrophoresis
GHRH	growth hormone-releasing hormone	PBS	phosphate-buffered saline
h ²	heritability	PCR	polymerase chain reaction
i.m.	intramuscular	PG	prostaglandin
i.p.	intraperitoneal	PGF _{2a}	prostaglandin F _{2a}
i.v.	intravenous	PMSG	pregnant mare's serum gonadotropin
hCG	human chorionic gonadotropin	PPAR	peroxisome proliferator-activated receptor
HCW	hot carcass weight	PSE	pale, soft, and exudative (meat)
HEPES	<i>N</i> -(2-hydroxyethyl)piperazine- <i>N'</i> -2-ethanesulfonic acid	PUFA	polyunsaturated fatty acid(s)
HPLC	high-performance (pressure) liquid chromatography	QTL	quantitative trait locus (loci)
i.d.	inside diameter	RDP	ruminally degradable protein
Ig	immunoglobulin (when used to identify a specific immunoglobulin)	REML	restricted maximum likelihood
IGF	insulin-like growth factor	RFLP	restriction fragment length polymorphism
IGFBP	insulin-like growth factor-binding protein(s)	RIA	radioimmunoassay
		RNA	ribonucleic acid
		RQ	respiratory quotient

Instructions for Authors of *Journal of Animal Science*

RUP	ruminally undegradable protein
rRNA	ribosomal ribonucleic acid
SAS	SAS Institute Inc. (no longer stands for Statistical Analysis System)
s.c.	subcutaneous
SDS	sodium dodecyl sulfate
SFA	saturated fatty acid
SNP	single nucleotide polymorphism
spp.	species
ssp.	subspecies
SSC	<i>Sus scrofa</i> chromosome
ST	somatotropin
TDN	total digestible nutrients
TLC	thin layer chromatography
Tris	tris(hydroxymethyl)aminomethane
tRNA	transfer ribonucleic acid
TSAA	total sulfur amino acids
USDA	US Department of Agriculture
UV	ultraviolet
VFA	volatile fatty acid(s)
vol	volume
vol/vol	volume/volume (used only in parentheses)
vs.	versus
wt	weight (use only in tables, not in the text)
wt/vol	weight/volume (used only in parentheses)
wt/wt	weight/weight (used only in parentheses)

LITERATURE CITED GUIDELINES FOR *JOURNAL OF ANIMAL SCIENCE*

References in the Text. In the body of the manuscript, refer to authors as follows: Smith and Jones (1992) or Smith and Jones (1990, 1992). If the sentence structure requires the authors' names to be included in parentheses, the proper format is (Smith and Jones, 1982; Jones, 1988a,b; Jones et al., 1992, 1993). When there are more than 2 authors of an article, the first author's name is followed by the abbreviation et al. More than 1 article listed in the same sentence or parentheses must be in chronological order first and alphabetical order for 2 publications in the same year. Published, peer-reviewed articles, and not abstracts, should be cited. However, if authors originally described their work in a meeting abstract, proceedings paper, field-day report, or similar presentation and then expanded the information to produce a full-length manuscript, the authors should reference and cite those reports. If the work was someone else's and originally described in an abstract, proceedings paper, field-day report, or

similar presentation, the authors should determine whether the work has been expanded and published as a peer-reviewed article, and then reference and cite the peer-reviewed article.

Work that has not been accepted for publication shall be listed in the text as "J. E. Jones (institution, city, and state or country, personal communication)." The author's own unpublished work should be listed in the text as "(J. Smith, unpublished data)." Personal communications and unpublished data must not be included in the Literature Cited section.

Literature Cited Section. To be listed in LITERATURE CITED, articles must be published or accepted for publication ("in press"). In-press citations should be updated with complete information during revision or in the author proofs. In LITERATURE CITED, citations are listed alphabetically according to author(s) last name(s), and then chronologically. The year of publication follows author names. As with text references, 2 or more publications by the same author or set of authors in the same year shall be differentiated by adding lowercase letters after the date. With the exception of consortia, the names of all authors must appear in LITERATURE CITED. For consortia, authors may include, as an acknowledgement on the title page, a link to the website containing the names and locations of the members of the consortium, or they may include the names and locations of the members of the consortium in an appendix, but not in an acknowledgement on the title page. Journal names shall be abbreviated according to the conventional ISO abbreviations used by PubMed (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/nlmcatalog/journals>). One-word titles must be spelled out. Inclusive page numbers must be provided.

Sample references are as follows:

- 1. Books and articles within edited books:**

AOAC. 1990. Official methods of analysis. 15th ed. Assoc. Off. Anal. Chem., Arlington, VA.

NRC. 2000. Nutrient requirements of beef cattle. 7th rev. ed. Natl. Acad. Press, Washington, DC.

Robinson, P. H., E. K. Okine, and J. J. Kennelly. 1992. Measurement of protein digestion in ruminants. In: S. Nissen, editor, Modern methods in protein nutrition and metabolism. Academic Press, San Diego, CA. p. 121–127.
- 2. Handbooks, technical bulletins, theses, and dissertations**

Goering, H. K., and P. J. Van Soest. 1970. Forage fiber analyses (apparatus, reagents, procedures, and some applications). Agric. Handbook No. 379. ARS-USDA, Washington, DC.

Shreck, A. L., C. D. Buckner, G. E. Erickson, and T. J. Klopfenstein. 2011. Digestibility of crop residues after chemical treatment and anaerobic storage. In: 2011 Nebraska Beef Cattle Report. Rep. No. MP94. Univ. of Nebraska, Lincoln. p. 35–36.

Sigma. 1984. Total hemoglobin: Quantitative, color-

Instructions for Authors of *Journal of Animal Science*

metric determination in whole blood at 530–550 nm. *Tech. Bull. No. 525*. rev. ed. Sigma Chemical, St. Louis, MO.

Ward, J. D. 1995. Effects of copper deficiency on performance and immune function of cattle. PhD Diss. North Carolina State Univ., Raleigh.

3. Journal articles and abstracts

Centon, J. R., G. E. Erickson, T. J. Klopfenstein, K. J. Vander Pol, and M. A. Greenquist. 2007. Effects of roughage source and level in finishing diets containing wet distillers grains on feedlot performance. *J. Anim. Sci.* 85(Suppl. 2):76. (Abstr.) doi:10.2527/jas.2006-354 (NOTE: The doi is now considered part of a citation.)

Cleale, R. M., IV, R. A. Britton, T. J. Klopfenstein, M. L. Bauer, D. L. Harmon, and L. D. Satterlee. 1987a. Induced non-enzymatic browning of soybean meal. II. Ruminant escape and net portal absorption of soybean protein treated with xylose. *J. Anim. Sci.* 65:1319–1326. (NOTE: Articles published before circa 2005 may not have a doi.)

Perez, V. G., A. M. Waguespark, T. D. Bidner, L. L. Southern, T. M. Fakler, T. L. Ward, M. Steidinger, and J. E. Pettigrew. 2011. Additivity of effects from dietary copper and zinc on growth performance and fecal microbiota of pigs after weaning. *J. Anim. Sci.* 89:414–425. doi:10.2527/jas.2010-2839

Revidatti, M. A., J. V. Delgado Bermejo, L. T. Gama, V. Landi Periat, C. Ginja, L. A. Alvarez, J. L. Vega-Pla, A. M. Martínez, and BioPig Consortium. 2014. Genetic characterization of local Criollo pig breeds from the Americas using microsatellite markers. *J. Anim. Sci.* 92:4823-4832. doi: 10.2527/jas.2014-7848

The Bovine Hap Map Consortium. 2009. Genome-wide survey of SNP variation uncovers the genetic structure of cattle breeds. *Science*. 324:528-532. doi 10.1126/science.1167936

4. Conference proceedings

Bailey, E. A., J. R. Jaeger, J. W. Waggoner, G. W. Preedy, L. A. Pacheco, and K. C. Olson. 2012. Effect of weaning method on welfare and performance of beef calves during receiving. *Proc. West. Sec. Amer. Soc. Anim. Sci.* 63:25-29.

NMC. 1995. Summary of peer-reviewed publications on efficacy of premilking and postmilking teat disinfections published since 1980. In: *Natl. Mastitis Counc. Reg. Meet. Proc.*, Harrisburg, PA. *Natl. Mastitis Counc.*, Arlington, VA. p. 82–92.

Talmant, A., X. Fernandez, P. Sellier, and G. Monin. 1989. Glycolytic potential in longissimus dorsi muscle of Large White pigs as measured after in vivo sampling. In: *Proc. 35th Int. Congr. Meat Sci. Technol.*, Copenhagen, Denmark. p. 1129.

Van der Werf, J. H. J. 1990. A note on the use of conditional models to estimate additive genetic variance in selected populations. *Proc. 4th World Congr. Genet. Appl. Livest. Prod.*, Edinburgh, Scotland XIII:476–479.

5. Electronic Publications

FDA. 2014. Approved animal drug products online (Green Book). <http://www.fda.gov/AnimalVeterinary/Products/ApprovedAnimalDrugProducts/default.htm> (Accessed 26 December 2014.)

Galyean, M. L. and P. J. Defoor. 2003. Effects of roughage source and level on intake by feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 81(E. Suppl. 2):E8–E16.

Heaton, M. P., T. S. Kalbfleisch, D. T. Petrik, B. Simpson, J. W. Kijas, M. L. Clawson, C. G. Chitko-McKown, G. P. Harhay, K. A. Leymaster, and the International Sheep Genomics Consortium. 2013. Genetic testing for TMEM154 mutations associated with lentivirus susceptibility in sheep. *PLoS ONE* 8(2): e55490. doi:10.1371/journal.pone.0055490

POLICIES REGARDING NUMBER USAGE FOR JOURNAL OF ANIMAL SCIENCE

Number usage in *JAS* is consistent with the *Scientific Style and Format: The CSE Manual for Authors, Editors, and Publishers*.

- All cardinal numbers are written as numerals except when they begin a sentence or appear in a title, when 2 numerals are adjacent in a sentence (spell out the number most easily expressed in words; e.g., two 10-kg samples), or when a number is used as a figure of speech.
- Numbers less than 1 are written with a preceding (leading) zero (e.g., 0.75).
- A comma separator is used in numbers greater than 999 (e.g., 1,234 and 1,234,567).
- Numerals should be used to designate ratios and multiplication factors (e.g., 2:1 and 3-fold increase).
- Statements such as “5 times less” should be avoided because “times” means multiplied by, and the product of a positive number (multiplicand) multiplied by 5, for example, is greater, not less, than the multiplicand. The opposite is true for a negative multiplicand, but the notion of “5 times less than –5,” for example, may be not be clear to readers.
- If a number is spelled out at the beginning of a sentence, its associated unit is also spelled out (e.g., Ten microliters of fluid . . . , not Ten μ L of fluid . . .).
- Units of measurement not associated with a number should be spelled out rather than abbreviated (e.g., lysine content was measured in milligrams per kilogram of diet) unless used parenthetically, as “lysine content (mg/kg of diet) was measured,” or in tables and figures.
- Single-digit ordinals are spelled out (i.e., first through ninth); larger ordinals are expressed in numeric form. Single-digit ordinals may be expressed numerically when they form part of a series (e.g., 1st, 3rd, 10th, 20th, not first, third, 10th, and 20th).

Instructions for Authors of *Journal of Animal Science*

- Measures must be presented in the metric system (SI or *Système International d'Unités*; see <http://physics.nist.gov/cuu/Units/introduction.html>).
- When a term must be expressed in nonmetric units for clarity (e.g., bushel weight), show the nonmetric value in parentheses immediately after the metric value.
- Use “to” instead of a hyphen to indicate a numerical range in text (e.g., 1 to 10).
- Avoid the use of multiplying factors (e.g., $\times 10^{-6}$) in table columns or rows, or in figure axis labels because of the uncertainty about whether the data are to be, or already have been, multiplied by the factor.
- Avoid ambiguity by stating units (e.g., numbers of spermatozoa, millions/mL).
- Do not use more than one slant line (for “per”) in a single expression; for example, use $5 \text{ mg}/(\text{g} \cdot \text{d})$ or $5 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ instead of 5 mg/g/d . Mathematically, “per” implies division; when 2 “per” occur consecutively, it is unclear precisely what is being divided by what.
- Dietary energy may be expressed in calories or in joules, although joule is the standard SI unit for energy.
- Hyphenate units of measure used as preceding adjectives (e.g., 5-kg sample). Hyphens are not used with percent or degree signs.
- Insert spaces around all signs (except slant lines) of operation when these signs occur between 2 values (e.g., 10 ± 1 ; $5 < 10$; $2 + 2 = 4$).
- Convert “mg %” to other units, such as mg/L or mg/mL.
- Use “mol/100 mol” rather than “molar percent.”.

APÊNDICE 2. Normas utilizadas para redação do capítulo III

animal

An International Journal of Animal Bioscience

Instructions for authors

Last updated December 2016

Introduction

animal – an International Journal of Animal Bioscience is a peer-reviewed journal in English, published monthly in both print and online formats (12 issues making a volume). Special issues or supplements may also be produced from time to time upon agreement with the Editorial Board. There are no page charges, except for reproduction of illustrations printed in colour and for the Open Access option that requires payment of an Article Processing charge.

animal attracts the best research in animal biology and animal systems from across the spectrum of the agricultural, biomedical, and environmental sciences; it is the central element in a collaboration between the British Society of Animal Science (BSAS), the Institut National de la Recherche Agronomique (INRA) and the European Federation for Animal Science (EAAP) and represents the merger in 2006 of three scientific journals: *Animal Science*; *Animal Research*; *Reproduction, Nutrition, Development*.

Scope

animal publishes original cutting-edge research, horizon-scanning reviews, and opinion papers on animal-related aspects of the life sciences at the molecular, cellular, organ, whole animal and production system levels. It is essential reading for all animal scientists interested in biochemistry, microbiology, nutrition, physiology, modelling, genetics, behaviour, immunology, epidemiology, economics, sociology, food science and technology, human health, farming systems, and land-use management, environmental impact and climate change.

Papers will be considered in aspects of both strategic and applied science in the areas of Animal Breeding and Genetics, Nutrition, Physiology and Functional Biology of Systems, Behaviour, Health and Welfare, Livestock Farming Systems and Environment, and Product Quality, Human Health and Well-being. Emphasis is placed on **managed and farm animals** and on the integrative nature of biological systems. The use of laboratory animal models for the benefit of farmed livestock is within the scope. Studies using farm animals with the aim of improving human health are also acceptable if they indicate obvious benefits to farmed livestock. Wild animals which are marginally bred in a few countries or which could be bred in the future, and wild animals raised in captivity are not in scope. Papers dealing with the translation of basic and strategic science into whole animal, and livestock system, impacts on productivity, product quality, the environment and humans (health, nutrition and well-being) will be welcome, as are methodology papers. Papers should be of **international relevance**, appeal to an international readership and not limited to national or regional conditions. The full scope of the journal should be consulted on <http://www.animal-journal.eu/scope.htm> before submitting a paper.

General specifications for different types of article

Submitted manuscripts should not have been published previously, except in a limited form (e.g. short communication to a symposium or as part of MSc or PhD theses) and should not be under consideration for publication by other journals. Book reviews are not accepted.

All co-authors should agree with the content of the manuscript. Authors must have obtained permission to use any copyrighted material in the manuscript prior to submission. The work described in the

manuscript must comply with ethical guidelines available on the website http://www.animal-journal.eu/ethical_policy.htm and be reported according to "The ARRIVE Guidelines for Reporting Animal Research" detailed in Kilkenny *et al.* (2010)¹ and summarised at www.nc3rs.org.uk.

animal publishes different types of articles:

Research articles

They correspond to a full account of a complete project. The approach can be experimental or theoretical, provided the work has been carried out in a systematic way. Routine studies, descriptive experiments without an experimental design controlled by the author, papers based on repetition of published experiments with other breeds, or in other geographical conditions are discouraged. Articles presenting a detailed description of a new technique are within the scope. Comparison of existing methods is considered, provided similar comparisons have never been published. Research articles, including meta-analyses, should be comprehensive and should include an in-depth discussion. Papers in a numbered series are not accepted unless all are submitted at the same time.

Short communications

Short communications present exceptionally exciting, novel or timely contents. *animal* publishes a limited number of short communications. Their submission will only be accepted based on Editor's judgement, and they will be peer-reviewed in the same way as research papers. Partial data or complete studies with a limited amount of results will not be considered as short communications, and will be handled as research papers.

Review articles

They are invited by the Editorial Board or unsolicited. Review articles have to be contemporary and comprehensive, and add information to published reviews on the same topic; if not the case, they will be rejected immediately by the Editor-in-Chief. Sharp critical analyses of novel data or concepts are encouraged. When relevant, a statistical analysis of data and a meta-analysis approach are recommended (but meta-analyses only are not considered as review articles). Authors of unsolicited review articles are encouraged to question the Editorial Office prior to submission through questions@animal-journal.eu to ask if their paper is within the scope and of interest to the journal.

Invited Opinion papers

They are submitted by invitation of the Management Board of *animal* journal only and are published as open access papers. They are short papers, which aim to inform scientists, industry, the public and policy makers about cutting-edge issues in research or the impact of research. They reflect the opinion of their authors who bear full responsibility of the published paper.

Conference/Symposium papers

The journal will consider for publication the results of original work and critical reviews that are presented at conferences/symposia. Symposium organisers who wish to publish bundles of papers from a symposium/conference in *animal* should first contact the Editor-in-Chief of *animal* journal (questions@animal-journal.eu) for agreement and information on the management of these papers. If the papers do not fit the requested conditions for publication in *animal*, the papers may be referred to *Advances in Animal Biosciences*, a companion publication of *animal* published by Cambridge University Press. Acceptance of such papers will be subject to:

- * the content being within the scope of the journal
- * the journal standard peer review process

¹ Kilkenny C, Browne WJ, Cuthill IC, Emerson M and Altman DG 2010. Improving bioscience research reporting: The ARRIVE guidelines for reporting animal research. *PLoS Biology* 8, e1000412. doi: 10.1371/journal.pbio.1000412.

Table 1 Specifications for the different types of article

Article type	Maximum length (all text except figures)	Maximum number of tables plus figures	Maximum number of references	Additional information
Original research	7 000 words (equivalent to 9 pages in journal)	8	35	
Short communications	3 000 words	3	10	
Reviews	9 500 words (equivalent to 12 journal pages)	10	50	
Opinion papers	1700 words (equivalent to 2 journal pages) or 1 200 if a figure is submitted	1	5	
All article types			5 references per 1000 words	Supplementary material can be proposed and will be made available online

Recommendations for preparation of papers

The responsibility for the preparation of a paper in a form suitable for publication lies with the author. Authors should consult a free issue or a free article of *animal*, available at <https://www.cambridge.org/core/journals/animal>, in order to make themselves broadly familiar with the layout and style of *animal*. A **style sheet** summarising these indications is available on our website at http://www.animal-journal.eu/documents/Animal_style_template.doc.

Before submitting your manuscript, we strongly recommend that you consult the [pre-submission checklist](#). Manuscripts that do not comply with the directions or that are too long will not be accepted for peer-review. This will ensure that they are judged at peer review exclusively on academic merit. Any deviations from these recommendations will be at the discretion of the Editor-in-Chief.

English

A good quality of written English is required. Spelling may be in British or American English but must be consistent throughout the paper. Care should be exercised in the use of agricultural terminology that is ill-defined or of local familiarity only. If the English is not good enough, the manuscript will be sent back to the authors. Cambridge University Press recommends that authors have their manuscripts checked by an English language native speaker before submission. We list a number of third-party services specialising in language editing and / or translation at: <https://www.cambridge.org/core/services/authors/language-services> and suggest that authors contact them as appropriate. Use of any of these services is at the author's own expense. The copy-editor will not perform language editing.

Manuscript layout

Manuscripts should be prepared using a standard word processing programme, and presented in a clear readable format with easily identified sections and headings. A style sheet is available on our website at http://www.animal-journal.eu/documents/Animal_style_template.doc.

Manuscript layout directions

- Typed with double-line spacing with wide margins (2.5 cm)
- The lines must be continuously numbered; the pages must also be numbered
- Font Arial 12 should be used for the text, and Arial 11 for tables and references
- The sections should typically be assembled in the following order: Title, Authors,

Authors' full affiliations including department and post/zip codes, Corresponding author, Short title, Abstract, Keywords, Implications, Introduction, Material and methods, Results, Discussion, Acknowledgements, References, Tables, List of figure captions

- The use of small paragraphs with less than 6 to 8 lines must be avoided
- Footnotes in the main text are to be avoided
- The manuscript complies with the section specific requirements set out below

Full title

The title needs to be concise and informative. It should:

- (a) arrest the attention of a potential reader scanning a journal or a list of titles;
- (b) provide sufficient information to allow the reader to judge the relevance of a paper to his/her interests;
- (c) incorporate keywords or phrases that can be used in indexing and information retrieval, especially **the animal species** on which the experiment has been carried out;
- (d) avoid inessentials such as 'A detailed study of ...', or 'Contribution to ...';
- (e) not include the name of the country or of the region where the experiment took place;
- (f) not include Latin names if there is a common name, or abbreviations.

Full title directions

- No more than 170 characters including spaces
- Include "Review:", "Invited review:" or "Animal board invited review:" before the full title if required (see above)
- The title of an invited opinion paper should start with "Opinion paper:"
- The title of a short communication should start with "Short communication:"

Authors and affiliations

The names and affiliations of the authors should be presented as follows:

Example

J. Smith^{1,a}, P.E. Jones², J.M. Garcia^{1,3} and P.K. Martin Jr² [initials only for first names]

¹Department of Animal Nutrition, Scottish Agricultural College, West Main Road, Edinburgh EH9 3JG, UK

²Animal Science Department, North Carolina State University, Raleigh, NC 27695-7621, USA

³Laboratorio de Producción Animal, Facultad de Veterinaria, Universidad de Zaragoza, C. Miguel Servet, 177, 50013, Zaragoza, Spain

^aPresent address: Dairy Science Laboratory, AgResearch, Private Bag 11008, Palmerston North, New Zealand (for any author of the list whose present address differs from that at which the work was done)

Corresponding author: John Smith. E-mail: John.Smith@univ.co.uk.

The corresponding author who submits and manages the manuscript during the submission/review process will need to be registered on Editorial Manager. He or she can be different from the corresponding author indicated in the manuscript who will be the correspondent for the published paper.

Short title (max 50 characters including spacing)

Authors should provide a short title (after the corresponding author line) with the same specifications as the full title for use as a running head. If the short title is not appropriate, it could be modified by the Editorial Office, with the author's agreement.

Abstract (max 400 words, single paragraph)

The abstract should be complete and understandable without reference to the paper. It is important to attract the attention of potential readers. The context and the rationale of the study are presented succinctly to support the objectives. The experimental methods and main results are summarised but should not be overburdened by numerical values or probability values. The abstract ends with a short and clear conclusion. Citations, references to tables and figures are not acceptable. Abbreviations used in the abstract have to be defined in the abstract.

Keywords

Keywords are essential in information retrieval and should complement the title with respect to indicating the subject of the paper.

Keyword directions

- Five keywords
- Keywords should be short and specific
- If not in the title, the animal species or type is among the keywords
- The use of non-standard abbreviations in the list of keywords is discouraged

Implications (max 100 words)

Implications must explain the expected impact that the results may have on practice when they will be applied. Impact may be economic, environmental and/or social. Implications should not be limited to presenting the context and objectives, and should not be an "abstract of the abstract". This is written in simple English suitable for non-specialists or even non science readers. The use of non-standard abbreviations is discouraged.

Introduction

The introduction briefly outlines the context of the work, presents the current issues that the authors are addressing and the rationale to support the objectives, and clearly defines the objectives. For hypothesis driven research, the hypothesis under test should be clearly stated. Increasing the knowledge on a subject is not an objective *per se*.

Material and methods

Material and methods should be described in sufficient detail so that it is possible for others to repeat the experiment. Reference to previously published work may be used to give methodological details, provided that said publications are readily accessible and in English.

If a proprietary product is used as a source of material in experimental comparisons, this should be described using the appropriate chemical name. If the trade name is helpful to the readers, provide it in parentheses after the first mention. Authors who have worked with proprietary products, including equipment, should ensure that the manufacturers or suppliers of these products have no objections to publication if the products, for the purpose of experimentation, were not used according to the manufacturer's instructions.

Statistical analysis of results

The statistical analysis of results should be presented in a separate sub-section of the "Material and methods" section. The statistical design and the models of statistical analysis must be described, as well as each of the statistical methods used. Sufficient statistical details must be given to allow replication of the statistical analysis. The experimental unit should be defined (e.g. individual animal, group of animals). Generally, an analysis of variance is preferred to a simple *t*-test. A statistical guide for authors is available on the website at http://www.animal-journal.eu/statistical_instructions.htm. The publication of Lang and Altman (2013)² can also be used as a reference.

Statistics directions

- In the text, the level of significance attained is indicated by the following conventional standard abbreviations (which need not be defined): $P > 0.05$ for non-significance and $P < 0.05$, $P < 0.01$ and $P < 0.001$ for significance at these levels. Exact level of statistical significance (e.g. $P = 0.07$) can also be used
- When data are analysed by analysis of variance, a residual error term, such as the pooled standard error, the residual standard deviation (RSD) or the root mean square error (RMSE) is given for each criteria/item/variable/trait in a separate column (or line)
- Treatment means are reported with meaningful decimals. For guidance, the last digit corresponds to 1/10 of standard error

² Lang T and Altman D 2013. Basic statistical reporting for articles published in clinical medical journals: the SAMPL guidelines. In Science editors' handbook (ed. Smart P, Maisonneuve H and Polderman A), pp. 175-182. European Association of Science Editors, Exeter, UK. This document may be reprinted without charge but must include the original citation.

- In tables, statistical significance is indicated in a separate column. The P values (e.g. $P = 0.07$) are reported or levels of significance are indicated by *, ** and *** for $P < 0.05$, $P < 0.01$ and $P < 0.001$, respectively
- In tables, differences between treatments (or comparison of mean values) are indicated using superscript letters with the following conventional standard: a, b for $P < 0.05$; A, B for $P < 0.01$; in most cases, the 0.05 level is sufficient

Results - Discussion

Separation between Results and Discussion is preferred to highlight the interpretation of results. Presentation of Results and Discussion in a single section is possible but discouraged.

Acknowledgements

In this section, the authors may acknowledge (briefly) their support staff, their funding sources (with research funder and/or grant number), their credits to companies or copyrighted material, etc. All papers with a potential conflict of interest must include a description/explanation under the Acknowledgements heading.

References

Citations from international refereed journals or from national refereed journals with at least an English abstract are highly preferred. Citations should be as "international" as possible. Citations from abstracts/conference proceedings, MSc or PhD thesis, technical documents, not English documents which cannot easily be obtained by the reader or which are not peer-reviewed should be minimized. In general, no more than 3 references can be given for the same statement (except for reviews and meta-analyses).

Citation of references. In the text, references should be cited by the author(s) surname(s) and the year of publication (e.g. Smith, 2012). References with two authors should be cited with both surnames (e.g. Smith and Wright, 2013). References with three or more authors should be cited with the first author followed by *et al.* (in italics; e.g. Smith *et al.*). Multiple references from the same author(s) should be as follows: Wright *et al.* (1993 and 1994), Wright *et al.* (1993a and 1993b). Names of organisations used as authors (e.g. Agricultural and Food Research Council) should be written out in full in the list of references and on first mention in the text. Subsequent mentions may be abbreviated (e.g. AFRC). "Personal communication" or "unpublished results" should follow the name of the author in the text where appropriate. The author's initials but not his title should be included, and such citations are not needed in the reference list.

In-text citation directions

- References are cited by the name(s) of author(s) and the year of publication
- Use Doe (2014) or (Doe, 2014) for single authors
- Use Doe and Smith (2014) or (Doe and Smith, 2014) for two authors
- Use Doe *et al.* (2014) or (Doe *et al.*, 2014) for three or more authors
- "*et al.*" is in italics
- When multiple references are cited, rank them preferably by chronological order using commas and semicolons: (Doe, 1999; Smith and Doe, 2001; Doe *et al.*, 2014 and 2015)

List of references. Literature cited should be listed in alphabetical order by authors' names and references should not be numbered. **It is the author's responsibility to ensure that all references are correct.**

Journal article directions

- References from journal articles are formatted as follows:
Author A, Author B, Author CD and Author E Year. Article title. Full Name of the Journal Volume, first-last page numbers.
Examples
 - Berry DP, Wall E and Pryce JE 2014. Genetics and genomics of reproductive performance in dairy and beef cattle. *Animal* 8 (suppl. 1), 115–121.
 - Knowles TG, Kestin SC, Haslam SM, Brown SN, Green LE, Butterworth A, Pope SJ, Dirk Pfeiffer D and Nicol CJ 2008. Leg disorders in broiler chickens: prevalence, risk factors and prevention. *PLoS ONE* 3, e1545.
 - Martin C, Morgavi DP and Doreau M 2010. Methane mitigation in ruminants: from

- microbe to the farm scale. *Animal* 4, 351-365.
- Pérez-Enciso M, Rincón JC and Legarra A 2015. Sequence- vs. chip-assisted genomic selection: accurate biological information is advised. *Genetics Selection Evolution* 47, 43. doi:10.1186/s12711-015-0117-5.
- When the article is online but not yet printed, the right format is:
Zamaratskaia G and Squires EJ 2008. Biochemical, nutritional and genetic effects on boar taint in entire male pigs. *Animal*, doi:10.1017/S1751731108003674, Published online by Cambridge University Press 17 December 2008.
- No punctuation (i.e. no comma or full stop or semicolon) between the surname and initials of an author, after initials, before publication years, after journal names and before volume numbers
- Include "and" (without comma) before the last author for multiple author references
- All authors' names are provided, do not use "*et al.*" in the reference list
- Publication years are included after the author list without parentheses
- No capitals for article titles except initial capital of the first word and words that ordinarily take capitals
- All journal names are given in full (not in abbreviated form) and the initial letter of all main words is capitalised (except little words such as "and", "of", "in", "the", etc.), e.g. *Journal of Animal Science*
- Issue numbers are not mentioned
- Use "," (not ";") before page numbers
- Page numbers are given in full (e.g. "1488-1496" not "1488-96")

Book directions

- References from books or official reports are formatted as follows:
Author(s)/Editor(s)/Institution Year. Book title, volume number if more than 1, edition if applicable. Publisher's name, City, State (2-letter abbreviation) for US places, Country.
Examples
 - Association of Official Analytical Chemists (AOAC) 2004. Official methods of analysis, volume 2, 18th edition. AOAC, Arlington, VA, USA.
 - Littell RC, Milliken GA, Stroup WW and Wolfinger RD 1996. SAS system for mixed models. Statistical Analysis Systems Institute Inc., Cary, NC, USA.
 - Martin P and Bateson P 2007. Measuring behaviour. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
 - National Research Council (NRC) 2012. Nutrient requirements of swine, 11th revised edition. National Academy Press, Washington, DC, USA.
- The list of author or editor name(s) and publication years are written as for journal articles (all authors are provided; commas between authors; "and" before the last author where there are two or more authors; full stops after publication years)
Example
 - Author A, Author B, Author CD and Author E Year.
- No capitals for book titles except initial capital of the first word and words that ordinarily take capitals
- Detailed publisher information is given and listed as:
Publisher's name, City, State (2-letter abbreviation) for US places, Country.
Please note – if a publisher is based in more than one place, use only the first one. If multiple publishers are listed, it is acceptable to use only the first one.
Examples
 - AOCS Press, Champaign, IL, USA.
 - Cambridge University Press, Cambridge, UK.
 - International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.
 - FAO, Rome, Italy.

Book chapter directions

- References from chapters or parts of books are formatted as follows:
Author A, Author B, Author CD and Author E Year. Chapter title. In Title of book (ed. A Editor and B Editor), pp. first-last page numbers. Publisher's name, City, State (2-letter abbreviation) for US places, Country.
Example
 - Nozière P and Hoch T 2006. Modelling fluxes of volatile fatty acids from rumen to portal blood. In Nutrient digestion and utilization in farm animals (ed. E Kebreab, J

Dijkstra, A Bannink, WJJ Gerrits and J France), pp. 40–47. CABI Publishing, Wallingford, UK.

- The list of authors and publication years are written as for journal articles (all authors are provided; commas between authors; "and" before the last author where there are two or more authors; full stops after publication years)

Example

- Author A, Author B, Author CD and Author E Year.

- No capitals for chapter and book titles except initial capital of the first word and words that ordinarily take capitals

- Detailed publisher information are given and listed as:

Publisher's name, City, State (2-letter abbreviation) for US places, Country.

Please note – if a publisher is based in more than one place, use only the first one. If multiple publishers are listed, it is acceptable to use only the first one.

Examples

- AOCS Press, Champaign, IL, USA.
- Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Editions Quae, Versailles, France.

Proceedings/Conference papers directions

- References from proceedings or conference papers are formatted as follows:
Author A, Author B, Author CD and Author E Year. Paper title. Proceedings of the (or Paper presented at the) XXth Conference title, date of the conference, location of the conference, pp. first-last page numbers or poster/article number.

Please note – If proceedings are published in a journal, the article should be formatted as for a journal article and if they have been published as chapters in a book, the article should be formatted as for a chapter in a book.

Examples

- Bispo E, Franco D, Monserrat L, González L, Pérez N and Moreno T 2007. Economic considerations of cull dairy cows fattened for a special market. In Proceedings of the 53rd International Congress of Meat Science and Technology, 5-10 August 2007, Beijing, China, pp. 581–582.
- Martuzzi F, Summer A, Malacarne M and Mariani P 2001. Main protein fractions and fatty acids composition of mare milk: some nutritional remarks with reference to woman and cow milk. Paper presented at the 52nd Annual Meeting of the European Association for Animal Production, 26-29 August 2001, Budapest, Hungary.

- The list of authors and publication years are written as for journal articles (all authors are provided; commas between authors; "and" before the last author where there are two or more authors; full stops after publication years)

Example

- Author A, Author B, Author CD and Author E Year.

- No capitals for paper titles except initial capital of the first word and words that ordinarily take capitals

- Conference dates are provided in the format: DD Month YYYY, e.g. 10 August 2014

- Conference locations are given and listed as:

City, State (2-letter abbreviation) for US places, Country.

Examples

- Champaign, IL, USA.
- Cambridge, UK.
- Versailles, France.
- Geneva, Switzerland.

Website directions

- References from websites are formatted as follows:
Author(s)/Institution Year. Document/Page title. Retrieved on DD Month YYYY (i.e. accessed date) from [http://www.web-page address \(URL\)](http://www.web-page address (URL)).

Examples

- Bryant P 1999. Biodiversity and Conservation. Retrieved on 4 October 1999, from <http://darwin.bio.uci.edu/~sustain/bio65/Titlepage.htm>

- The list of author name(s) and publication years are written as for journal articles (all authors are provided; commas between authors; "and" before the last author where there are two or more authors; full stops after publication years)

Example

- Author A, Author B, Author CD and Author E Year.

- No capitals for document/page titles except initial capital of the first word and words that ordinarily take capitals
- Dates when documents were retrieved are included in the format: DD Month YYYY, e.g. 10 August 2014
- Web-page addresses are provided

Thesis directions

- References from theses are formatted as follows:
Author AB Year. Thesis title. Type of thesis, University with English name, location of the University (i.e. City, State (2-letter abbreviation) for US places, Country).
Example
 - Vlaeminck B 2006. Milk odd- and branched-chain fatty acids: indicators of rumen digestion for optimisation of dairy cattle feeding. PhD thesis, Ghent University, Ghent, Belgium.
- The author's name and publication year are written as for journal articles (no punctuation between surname and initials; full stops after publication years)
Example
 - Author AB Year.
- No capitals for thesis titles except initial capital of the first word and words that ordinarily take capitals
- Degree levels are provided, e.g. PhD, MSc, etc.
- University names and locations are given and listed as:
- University name, City, State (2-letter abbreviation) for US places, Country.
Examples:
 - Louisiana State University, Baton Rouge, LA, USA.
 - Cambridge University, Cambridge, UK.

Tables

Tables should be as simple as possible. The same material should not be presented in tabular and graphical form. An indication is given in the text where the table should be inserted. Please refer to the style sheet available at http://www.animal-journal.eu/documents/Animal_style_template.doc.

Table directions

- Each table is on a separate page at the end of the main text (one table per page)
- Tables are typed, preferably in double spacing. Single spacing is possible for long tables
- Tables are numbered consecutively using Arabic numbering. They are referred to as Table 1, Table 2, etc., with capital 'T', no italics
- Each table has its own explanatory caption. The caption is sufficient to permit the table to be understood without reference to the text. The animal species and the experimental treatments or the issue under study are indicated in each caption. The caption does not contain too many details about the protocol or the results
- Tables are created in Word using the table function within the programme (without using tabs). Layout can be portrait or landscape
- Large tables are discouraged in the manuscript but they may be submitted as Supplementary Material
- No vertical lines between columns and no horizontal lines between rows of data
- Generally, variables are in rows and treatments in columns
- Column headings are concise
- Separate columns are included to present the basic statistical results: error terms (preferably residual error terms) and levels of significance
- Row items are organized with main items followed by indented sub-items in order, for instance, to group the criteria which share the same type of measurements or the same unit
- For any (sub-)item, only the first letter of the first word is in capitals
- Units are clearly stated either in the caption (only if a limited number of units are used), or for each (sub-)item. Standard abbreviations for units are used
- Footnotes are referenced using superscript numbers
- All abbreviations used in a table are defined as footnotes (preferred option) or in the

caption

- Treatment means are reported with meaningful decimals. For guidance, the last digit corresponds to 1/10 of standard error
- The number of decimals for the indicators of residual variability (RSD, SEM, RMSE etc.) are either identical to that chosen for mean values or have one more decimal. The choice is consistent in all the tables
- See above (Statistics) for the presentation of statistical results in tables

Figures

Figures should be as simple as possible. The same material should not be presented in tabular and graphical form. An indication is given in the text where the figure should be inserted. Specific guidelines are provided for images (see Image Integrity and Standards).

Figure directions

- Figure captions are all listed on the same page at the end of the main text
- All figures are numbered consecutively in the text. They are referred to as Figure 1, Figure 2, etc., the word 'Figure' being spelled out with capital 'F', no italics
- Captions begin as Figure 1, Figure 2, etc. They are sufficiently detailed to allow the figure to be understood without reference to the text ("Figure 1 Effect of fat source and animal breed on carcass composition in pigs" is preferred to "Figure 1 Carcass composition"). The animal species and the experimental treatments or the issue under study are indicated in each caption. Abbreviations used in each figure have to be defined in the caption and kept to a minimum
- Figures are not inserted in the text. Each figure (without caption) is uploaded separately with **one separate file per figure and no embedded captions in these files**
- Figure size should be readable in a width of approximately 175 mm (i.e. the maximum size of printing over two columns). Easy reading of the figure is required
- Ensure that the font size is large enough to be clearly readable at the final print size (should not be less than 8 point, or 2.8 mm, after reduction). We recommend you use the following fonts: Arial, Courier, Symbol, Times, Times New Roman and ensure that they are consistent throughout the figures. In addition, ensure that any fonts used to create or label figures are embedded if the application provides that option
- Symbols and line types should allow different elements to be easily distinguished (generally, solid symbols are used before open symbols, and continuous lines before dotted or dashed lines)
- Figures are usually supplied as black and white
- Colours can be used in figures if they are essential to understanding the figure. Publication charges are made for colour figures. The cost for reproducing figures in colour within the printed issue is £200.00 / \$320.00 per figure
- If figures are to be printed in colour, use CMYK (instead of RGB) colour mode preferably
- The figures should preferably be provided as TIFF or EPS files. Other formats such as MS Word, MS Excel, MS PowerPoint, AI and layered PSD (up to CS3) are permitted, provided that figures have been originally created in these formats and that all the embedded artwork is at a suitable resolution.
- The resolutions for TIFF figures at the estimated publication size must be:
 - for line figures (e.g. graphs) – 1200 dpi (6000 px for 1 column, 8400 px for 2 columns)
 - for figures with different shadings (e.g. bar charts) – 600 dpi (3000 px for 1 column, 4200 px for 2 columns)
 - for half tones (e.g. photographs) – 300 dpi (1500 px for 1 column, 2100 px for 2 columns)
- Images from the internet are unacceptable, as most of them have a resolution of only 72 dpi
- When your drawing/graphics application does not provide suitable 'export' options, please copy/paste or import the graphic into a Word document
- For further information, please refer to the Cambridge Journals Artwork Guide, which can be found online at: <http://journals.cambridge.org/artworkguide>

Image Integrity and Standards

Any image produced by an instrument (e.g. scanner, microscopy...) with the objective of being used to derive quantitative results is considered as original data, and manuscripts that report images without any quantitative findings are not acceptable. Digitalisation of an image converts the image into numerical values which can be analysed like any other numerical value. The full information may prove important beyond what the author would like to show. Hence images submitted with a manuscript should be minimally processed; some image processing is acceptable (and may be unavoidable), but the final image must accurately represent the original data and exclude any misinterpretation of the information present in the original image. In case original data are being used just to illustrate a point, this should be accompanied by a very clear statement in the manuscript telling the reader this and explaining what is being demonstrated. Please refer to the [Office of Research Integrity guidelines](#) on image processing in scientific publication.

Image Integrity and Standards directions

- Image acquisition: Equipment and conditions of image acquisition and processing must be detailed in the Material and Methods section. This includes the make and model of equipment, the acquisition and the image processing software, and the image treatment if any. If you export files from an acquisition device, make sure to use a format with no loss of information and do not file them into a higher resolution than that of acquisition. Authors have the responsibility to archive original images, with their metadata, in their original format without any compression or compressed without loss of information.
- Preparation of images for a manuscript: For guidance, we refer to the Journal of Cell Biology's instructions to authors (http://jcb.rupress.org/site/misc/ifora.xhtml#image_acquisition) which states:
 - 1) No specific feature within an image may be enhanced, obscured, moved, removed, or introduced.
 - 2) The grouping of images from different parts of the same gel, or from different gels, fields, or exposures must be made explicit by the arrangement of the figure (i.e., using dividing lines) and in the text of the figure legend.
 - 3) Adjustments of brightness, contrast, or color balance are acceptable if they are applied to every pixel in the image and as long as they do not obscure, eliminate, or misrepresent any information present in the original, including backgrounds. Non-linear adjustments (e.g., changes to gamma settings) must be disclosed in the figure legend.

For further information, image examples, and more detailed guidance we advise reading [What's in a picture? The temptation of image manipulation](#) (reprinted in the *Journal of Cell Biology* (2004) 166, 11-15).

- If a cropped image is included in the main text of a paper (e.g. a few lanes of a gel), display the full original image, including the appropriate controls, the molecular size ladder and/or the scale as relevant, as a single figure in a Supplementary Material file to facilitate peer-review and for subsequent on line publication.
- The statistical analysis applied to the quantitative data associated with images must clearly define the statistical unit considered (e.g. the animal, the sample...).
- Image screening prior to acceptance: All digital images from manuscripts nearing acceptance for publication will be screened for any evidence of improper manipulation or quality. If the original images cannot be supplied by authors on request, the journal reserves the right to reject the submission or to withdraw the published paper.

Supplementary material

Authors can include supplementary material in any type of text (research article, review article, short communication, etc.). Supplementary material will appear only in the electronic version. A link to this on-line supplementary material will be included by the Copy Editor at the proof preparation stage. Supplementary material will be peer-reviewed along with the rest of the manuscript. The main text of the article must stand alone without the supplementary material. Supplementary material should be presented according to the instructions for the main text. **It will not be copy-edited and authors are entirely responsible for the presentation of the supplementary material.**

Supplementary material directions

- In the main text, supplementary material are referred to as:

"Supplementary Table S1", "Supplementary Table S2", etc. for tables;
 "Supplementary Figure S1", "Supplementary Figure S2", etc. for figures;
 "Supplementary Material S1", "Supplementary Material S2", etc. for other material.
 For example: "The list of references used for the meta-analysis is given in
 Supplementary Material S1 and Supplementary Table S1 reports etc."

- Supplementary material is submitted along with the main manuscript in a separate file and identified at uploading as "Supplementary File – for Online Publication Only"
- The title of the article and the list of authors are included at the top of the supplementary material
- No line numbering
- Single spacing
- Unlike the figures included in the main text, each supplementary figure has its own title embedded below the figure

Typographical conventions

Title and headings

As illustrated and detailed above and in the style sheet (see http://www.animal-journal.eu/documents/Animal_style_template.doc), the *animal* conventions apply to (a) *Title* of the paper, Authors' names and addresses; (b) *Main section headings* such as Abstract, Implications, Introduction, Material and methods, Results, Discussion, Acknowledgements, References; and (c) *Subheadings* which can be used at two levels only.

Title and heading directions

- Title – use bold, with an initial capital for the first word only and for words that ordinarily take capitals
- Authors' names – use lower case with initials in capitals (e.g. J. Doe)
- Authors' addresses – use italics
- Headings are left aligned with an initial capital for the first word only, and not numbered
- Main section headings – use bold with no full stop at the end; text follows on the next line (e.g. **Abstract**)
- Subheading (level 1) – use italics with no full stop at the end; text follows on the next line (e.g. *Experimental design*)
- Sub-subheading (level 2) – use italics and end with a full stop; text follows on the same line (e.g. *Milk fatty acid composition*. The fatty acid...)

Abbreviations

All non-standard abbreviations are defined at first use separately in the abstract and in the main text, they should be written in **bold capitals at first occurrence**. To facilitate the understanding of the manuscript, the number of abbreviations should be kept to a minimum (not more than 10 non-standard abbreviations is advised). Abbreviations in the short title or in (sub)headings are discouraged.

Abbreviation directions

- Define abbreviations at first appearance in the abstract, and in the main text
- Authors should avoid excessive use of non-standard abbreviations (a maximum around 10 is advised)
- No author-defined abbreviation in the (short) titles, nor in (sub)headings
- Abbreviations used in tables/figures have to be defined either as footnotes or in the caption
- Do not start a sentence with an abbreviation

Table 2 Abbreviations that do not require spelling out

Item	Definition
Standard abbreviation	
ACTH	Adrenocorticotrophic hormone
ADF	Acid detergent fibre
ADL	Acid detergent lignin
ADP	Adenosine diphosphate
ANOVA	Analysis of variance
ATP	Adenosine triphosphate
BLUP	Best linear unbiased prediction
BW	Body weight
CoA	Coenzyme A
CP	Crude protein
DM	Dry matter
DNA	Deoxyribonucleic acid
ELISA	Enzyme-linked immunosorbent assay
FSH	Follicle-stimulating hormone
GLC	Gas-liquid chromatography
GLM	General Linear Model
HPLC	High performance (pressure) liquid chromatography
IGF	Insulin-like growth factor
IR	Infrared
LH	Luteinising hormone
MS	Mass spectrometry
n	Number of samples
NAD	Nicotinamide adenine dinucleotide
NADP	Nicotinamide adenine dinucleotide phosphate
NADPH ₂	Reduced nicotinamide adenine dinucleotide phosphate
NDF	Neutral detergent fibre
NIRS	Near infrared spectrophotometry
PAGE	Polyacrylamide gel electrophoresis
PCR	Polymerase chain reaction
PMSG	Pregnant mare serum gonadotropin
RNA	Ribonucleic acid
SDS	Sodium dodecyl sulfate
UV	Ultraviolet
Statistical standard abbreviation	
CV	coefficient of variation
df	degrees of freedom
EMS	expectation of mean square
F	variance ratio
LSD	least significant difference
MS	mean square
<i>P</i>	probability
use ns	<i>P</i> >0.05, in tables
use *	<i>P</i> <0.05, in tables
use **	<i>P</i> <0.01, in tables
use ***	<i>P</i> <0.001, in tables
<i>r</i>	simple correlation coefficient
<i>R</i>	multiple correlation coefficient
<i>R</i> ²	coefficient of determination
rSD	residual standard deviation
RMSE	root mean square error
SD	standard deviation
SED	standard error of difference
SEM	standard error of mean
<i>S</i> _{<i>y</i>.<i>x</i>}	standard error of estimate
χ^2	chi square

The names of the chemicals do not need to be written out in full; chemical symbols are sufficient. Fatty acids are abbreviated using the following rules: cis-18:1 for the sum of cis octadecenoic acids. When isomers are described, the double bond positions are identified by numbering from the carboxylic acid end: c9,t11-18:2; iso-15:0. The terms "omega 3" and "omega 6" are discouraged and replaced by "n-3" and "n-6", e.g. 18:3n-3. Trivial names can be used for the most known fatty acids (myristic, palmitic, oleic, linoleic, linolenic) and abbreviations in some cases: CLA for conjugated linoleic acids, EPA for eicosapentaenoic acid, DHA for docosahexaenoic acid. Chemical names and trivial names cannot be mixed in a same table.

Capitals

Capitals directions

- Initial capitals are used for proper nouns, for adjectives formed from proper names, for generic names and for names of classes, orders and families
- Names of diseases are not normally capitalised

Italics

Use italics for:

Italics directions

- Authors' addresses (see above)
- Subheadings (see above)
- Titles for tables (but not captions for figures)
- Most foreign words, especially Latin words, e.g. *ad hoc*, *ad libitum*, *et al.*, *in situ*, *inter alia*, *inter se*, *in vitro*, *per se*, *post mortem*, *post partum*, *m. biceps femoris* but no italics for c.f., corpus luteum, e.g., etc., i.e., NB, via
- Mathematical unknowns and constants
- Letters used as symbols for genes or alleles e.g. *HbA*, *TfD* (but not chromosomes or phenotypes of blood groups, transferrins or haemoglobins, e.g. HbAA, TfDD)

Numerals

Numerals directions

- In text, use words for numbers zero to nine and figures for higher numbers. In a series of two or more numbers, use figures throughout irrespective of their magnitude
- Sentences do not, however, begin with figures
- For values less than unity, 0 is inserted before the decimal point
- For large numbers in the text substitute 10^n for part of a number (e.g. $1.6 \cdot 10^6$ for 1 600 000)
- Do not use comma separator for numbers greater than 999 (e.g. 100 864)
- The multiplication sign between numbers should be a cross (x)
- Division of one number by another should be indicated as follows: 136/273.
- Use figures whenever a number is followed by a standard unit of measurement (e.g. 100 g, 6 days, 4th week).
- Use figures for dates, page numbers, class designations, fractions, expressions of time, e.g. 1 January 2007; type 2
- Dates are given with the month written out in full in the text and with the day in figures (i.e. 12 January *not* 12th January).
- For time use 24-h clock, e.g. 0905 h, 1320 h

Units of measurement

The International System of Units (SI) should be used. A list of units is found at <http://physics.nist.gov/cuu/Units/units.html>. Recommendations for conversions and nomenclature appeared in *Proceedings of the Nutrition Society* (1972) 31, 239-247. Some frequently used units which are not in the SI system are accepted: l for litre, ha for hectare, eV for electron-volt, Ci for curie. Day, week, month and year are not abbreviated. The international unit for energy (energy value of feeds, etc.) is Joule (or kJ or MJ).

A product of two units should be represented as N·m and a quotient as N/m (e.g. g/kg and not g.kg⁻¹). When there are two quotients, present as follows: g/kg per day (not g/kg/day).

Concentration or composition

Composition is expressed as mass per unit mass or mass per unit volume. The term *content* should not be used for concentration or proportion.

Submission of the manuscript

Manuscript submission is made electronically through *Editorial Manager* directly via <http://www.editorialmanager.com/animal> or at www.animal-journal.eu. Any query to the Editorial Office should be addressed through this site. Authors can check the status of their manuscript using *Editorial Manager*. Authors should ensure that the email address of the corresponding author is correct.

You must submit separate files for the following:

- Manuscript (including full text, tables, figure captions, but excluding figures) in DOC/DOCX or RTF format (PDF is not accepted)
- Each figure (without captions). At submission in *Editorial Manager*, enter a description of each figure (Figure 1, Figure 2a, etc.) in the appropriate box
- Supplementary online-only materials, if relevant

Authors who submit a manuscript have to also provide in the online submission system:

- the type of article (research article, short communication, review article, special issue paper, opinion paper, etc.).

- the section of the scope which is the most appropriate for their manuscript. (<http://www.animal-journal.eu/scope.htm>).

- any comment and information that might be helpful to the editors ("letter to the editor", etc.; in "Author's comments").

- The names of at least 3 potential reviewers, and give contact details. Reviewers should have no conflict of interest with the authors or the submission. Authors should not nominate reviewers who are their regular collaborators or who work in the same institution or university, and they should nominate *an international spread of reviewers*. The editorial board will use its discretion when selecting reviewers and the suggested reviewers may not be used.

- The names of maximum 3 opposed reviewers in case of established conflict of interest.

Any query to the Editorial Office prior to submission of papers (e.g. clarification of instructions to authors, to ask if paper is within the scope, etc.) should be addressed through questions@animal-journal.eu.

Evaluation of the manuscript

The Editor-in-Chief or the Section Editor may reject manuscripts which do not comply with the scope or which do not have the required standard, or which present obvious errors or misinterpretation of results, or which do not comply with the recommendations for preparation of articles. The Editor-in-Chief or a member of the Editorial Office may also send back to the authors their manuscript for reformatting in the style of *animal*. During the peer-review process, manuscript revisions should be sent back to the Editorial Office within 60 days; otherwise, the manuscript is withdrawn and the revised version will have to be submitted as a new manuscript. In order to provide the shortest possible delay from submission to acceptance only one revision iteration is expected. Manuscript revisions that do not meet the requirements of the handling Editor will be rejected.

Proofs

Authors should not insert new matter into proofs, correct faults in the style, or alter the arrangement of their papers at this stage. However, any errors of fact or of logic that have escaped earlier notice must be corrected at this stage. Substantial changes will be made at the author's expense. Authors are advised to pay particular attention to checking scientific and proper names, numerical data, formulae, tables and illustrations, and list of references. Whilst proof readers are competent in correcting proofs, the ultimate responsibility for the correction remains with the author. Indications on how to correct and return the proofs are supplied with the proof. ***Proofs must be sent back to the Publisher within four working days of receipt.*** If this period is exceeded, the pdf proof will be proofed by the Editorial Office without the author's corrections.

Copyright agreement

Authors are required formally to transfer copyright to the *animal* consortium. Two versions of the transfer of copyright form (Standard and Open Access) for this purpose may be downloaded at: <https://www.cambridge.org/core/journals/animal/information/transfer-copyright>. The Open Access option allows authors in *animal* the option to make their articles freely available to everyone, immediately on publication and after the payment of the Open Access Article Publication Charge (\$2835).

Articles are not further processed until the completed form has been received by the Editorial Office. Signing the form does not put any limitation on the personal freedom of authors to use their own material contained in their article.

The authors must obtain a written permission to reproduce material that is owned by a third party (for example in review papers); they must also include the relevant credit in their paper. The written agreements have to be sent to the Editorial Office at submission of their manuscript.

Publication of the manuscript

A free PDF file will be emailed to the corresponding author. To facilitate earlier dissemination, articles are published online in *FirstView* with their doi number at <https://www.cambridge.org/core/journals/animal> ahead of being published as part of an issue. It should be stressed that *no change in the paper, even quite minor, is possible once the paper is in the FirstView list.*

4. VITA

Daniele Zago, filha de Clandio Zago e Maria Zenilda Soares Zago, nasceu em 23 de setembro de 1986 em Santa Maria. Residiu em Julio de Castilhos durante sua infância e adolescência, onde cursou ensino fundamental na Escola Estadual Theodoro Ribas Salles. Concluiu ensino médio no Instituto Estadual de Educação Vicente Dutra no ano de 2003. Em março de 2004 iniciou o curso de Zootecnia na Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), onde realizou estágio extracurricular não remunerado no setor de ovinocultura, e posteriormente no laboratório de nutrição de ruminantes. Realizou estágio curricular na Universidad de la República del Uruguay (UDELAR) em 2008, na área de bovinos de corte. Graduou-se Zootecnista em março de 2009. Trabalhou como Coordenadora de Produção na fábrica de rações da Cooperativa Triticola de Julio de Castilhos no ano de 2010. Em 2013 obteve o título de Mestre em Zootecnia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), como bolsista CAPES, sob orientação do professor Dr. César Henrique E. C. Poli, com a dissertação “Efeito da esquila e do nível de feno na dieta de cordeiros confinados no inverno”. Em março de 2013 iniciou o Doutorado em Zootecnia no mesmo Programa de Pós-Graduação, como bolsista CNPq, sob orientação do Prof. Dr. Júlio Otávio Jardim Barcellos, submetendo sua tese a exame em março de 2017.