

Exigências nutricionais para vacas de corte vazias e gestantes

Mateus Pies Gionbelli, Sebastião de Campos Valadares Filho, Márcio de Souza Duarte

INTRODUÇÃO

A única categoria na qual ainda não se dispunha até então de conhecimentos mínimos sobre requerimentos nutricionais de zebuínos é a de vacas em gestação. Embora seja clara a importância do conhecimento dos requerimentos nutricionais dessa categoria, até 2013 não eram observados na literatura mundial trabalhos envolvendo a quantificação das exigências nutricionais para manutenção e gestação de vacas zebuínas. O primeiro trabalho delineado para avaliar as exigências nutricionais de vacas zebuínas adultas foi realizado no Brasil entre os anos de 2010 e 2013, cujos resultados formam a base desse capítulo.

Estima-se que o rebanho brasileiro de matrizes de corte, embora flutuante, tenha entre 65 a 70 milhões (Vasconcelos e Meneghetti, 2006) de um rebanho total de mais de 210 milhões de cabeças (IBGE, 2015). Ou seja, numericamente, cerca de 1/3 do rebanho nacional é composto por matrizes de corte, que são em sua grande maioria zebuínas. Como são animais adultos e estão permanentemente no sistema, o gasto energético no sistema produtivo e a área utilizada por essas vacas representam uma proporção bastante significativa do total usado para produção de carne bovina no Brasil. Diversas publicações já mencionaram que a energia gasta pelo rebanho de cria em bovinos de corte representa cerca de 70% do total de energia gasto no sistema (Ferrell e Jenkins, 1984a; Ritchie, 1995). Somente com a manutenção de vacas adultas se gasta algo próximo de 50% da energia do sistema (Ferrell e Jenkins, 1984b).

Com base nisso, percebe-se a importância da definição de referências de níveis nutricionais para vacas de corte adultas. Com base nos atuais índices médios de produtividade de rebanhos de corte no Brasil (Baruselli et al., 2012; ABIEC, 2013; Jank et al., 2014; Chiavegato et al., 2015) estima-se que há um potencial de melhoria de 30 a 40% da eficiência de produção de bezerros de corte

(Gionbelli et al., 2015c), considerando melhorias conjuntas em nutrição, reprodução e genética.

Outros sistemas de alimentação em uso no mundo (ARC, 1980; AFRC, 1993; NRC, 2000; CSIRO, 2007; INRA, 2007) baseiam suas recomendações para atendimento das exigências nutricionais de vacas gestantes em alguns poucos trabalhos realizados anteriormente ou em estimativas indiretas e adaptações de valores obtidos com experimentos envolvendo outras categorias ou espécies de ruminantes. O ARC (1980) baseou suas recomendações em trabalho envolvendo vacas Ayrshire e Jersey, realizado no ano de 1975, sendo que o AFRC (1993) não adotou atualizações significativas sobre a forma de calcular os requerimentos nutricionais para gestação. O NRC (2000) baseou suas recomendações nos trabalhos de Calvin Ferrell e colaboradores (Ferrell et al., 1976a; Ferrell et al., 1976b; Ferrell et al., 1976c), realizados com animais Hereford, sendo um dos poucos experimentos conhecidos no qual foi realizado abate comparativo com fêmeas em gestação. Adicionalmente, o NRC (2000) apresentou algumas sugestões de ajustes baseados no trabalho de Prior e Laster (1979), realizado com animais da raça Pardo Suíça. O sistema francês (INRA, 2007) possui estimativas de exigências nutricionais para gestação definidas desde sua edição de 1978, e baseia suas recomendações no trabalho de Ferrell et al. (1976c) e em trabalho sobre composição química de fetos bovinos realizado na França (Cano, 1995). As recomendações de requerimentos nutricionais para gestação apresentadas pelo sistema australiano (CSIRO, 2007) são baseadas nas indicações feitas pelo ARC (1980) e em ajustes e adaptações obtidos a partir de trabalhos realizados com ovinos, que existem em maior número na literatura.

Neste capítulo serão apresentados os resultados de pesquisas recentes realizadas no Brasil para estimar as exigências nutricionais de energia e proteína para vacas zebuínas

adultas para manutenção e gestação. Discussões sobre aspectos fisiológicos relacionados à partição de nutrientes por vacas gestantes em função da homeorrese, bem como revisão sobre os impactos do não atendimento das exigências nutricionais de vacas gestantes sobre o desenvolvimento da progênie em bovinos, são também apresentados.

METODOLOGIA UTILIZADA PARA ESTIMATIVA DAS EXIGÊNCIAS

Sabe-se, claramente, que fêmeas de mamíferos gestantes particionam os nutrientes disponíveis de forma a favorecer sua prole. Tal conceito foi apresentado inicialmente por Hammond (1947), que sugeriu que os diferentes tecidos competem por nutrientes circulantes com base nas suas respectivas taxas metabólicas. Esta ideia foi reforçada pela descoberta de altas taxas metabólicas do útero grávido em relação ao corpo da matriz (Meschia et al., 1980). Entretanto, pesquisas recentes têm se concentrado na regulação endócrina dos tecidos ao invés da competição como um mecanismo explicativo de forma geral (Bauman, 2000; Mamontov, 2007). Esta forma de pensamento advém do conceito de “homeorrese”, elaborado por Bauman e Currie (1980). Este conceito sugere que há uma influência simultânea de múltiplos tecidos implicando mediação extracelular para que o metabolismo atenda às demandas de forma mais coerente em níveis que otimizem a oportunidade do feto crescer e sobreviver no pós-natal, e minimizando a excessiva depleção das reservas maternas de energia e proteína.

Embora existam modelos matemáticos para tentar explicar a homeorrese (Mamontov, 2007; Psiuk-Maksymowicz e Mamontov, 2008), a aplicação dos mesmos ao particionamento de nutrientes em fêmeas bovinas gestantes ainda está distante do que se pode propor para estimativa das exigências nutricionais. Sabe-se que há ampla interação entre tecidos maternos e o útero gravídico, que implicam em modificações na eficiência de uso dos nutrientes por parte dos tecidos maternos. No entanto, a base da estimativa de exigências nutricionais para vacas zebuínas gestantes que será utilizada aqui, é um modelo fatorial, onde exigências para manutenção, acúmulo de reservas corporais e crescimento do útero grávido e formação fetal

não interagem entre si, mas, são consideradas somativas. Tal metodologia é semelhante às utilizadas pelos outros sistemas nutricionais. Serão apresentadas, portanto, exigências adicionais para gestação em vacas zebuínas, de forma somativa às exigências para manutenção e acúmulo de reservas corporais. Isso não quer dizer, no entanto, que as estimativas usadas não sejam acuradas. A metodologia que aqui se utiliza permite estimar que o resultado quantitativo da interação entre tecidos maternos e tecidos gestacionais seja calculado como exigências para gestação, somando-se ao acúmulo líquido em tecidos gestacionais e o gasto para síntese dos tecidos gestacionais.

O experimento base desse capítulo foi realizado na Universidade Federal de Viçosa (UFV), entre os anos de 2010 e 2011 (Gionbelli, 2013). Quarenta e nove vacas zebuínas, com grau de sangue predominantemente Nelore, foram obtidas do rebanho da UFV e de dois outros rebanhos comerciais, com o objetivo de representar o rebanho nacional de bovinos de corte. Tais vacas foram utilizadas num experimento de abate comparativo, com delineamento semelhante ao trabalho realizado por Calvin Ferrell e seus colaboradores (Ferrell et al., 1976a; Ferrell et al., 1976b; Ferrell et al., 1976c), que serve de base para estimativa das exigências nutricionais de vacas gestantes nos sistemas alimentares que utilizam bovinos taurinos como base. Um grupo de 17 vacas foi mantido sob mesmos tratamentos das outras 32 vacas gestantes (em diferentes níveis alimentares), de modo a estimar de maneira comparativa os requerimentos para manutenção, ganho de tecidos maternos e gestação. As 32 vacas gestantes foram abatidas em quatro diferentes estágios de gestação (136, 189, 239 e 269 dias de gestação) para avaliar o acúmulo de nutrientes e energia no útero grávido e nos tecidos maternos, e assim ajustarem-se modelos matemáticos que pudessem ser usados para estimar as exigências líquidas para gestação.

Para estimativas dos acúmulos de energia e proteína relacionadas à gestação ou aos tecidos maternos adotou-se o conceito de componente gestação (GEST), apresentado por Gionbelli et al. (2015a) e discutido no Capítulo 1. O GEST representa as quantidades reais de componentes que crescem diretamente relacionados à gestação. Isso inclui o útero grávido menos o peso estimado do útero não

grávido mais o crescimento da glândula mamária relacionado à gestação. Assim, as quantidades de energia e proteína no corpo total de uma vaca gestante seguem a seguinte relação:

$$CTV = TM + GEST \quad \text{Eq.11.1}$$

em que CTV = corpo total da vaca, TM = tecidos maternos (carcaça, vísceras, couro, sangue, cabeça, patas, úbere, além do útero não grávido menos o acréscimo no úbere relacionado com a gestação) e GEST = componente gestação. Uma descrição completa das relações que formam a base das estimativas de exigências nutricionais de vacas gestantes e não gestantes é apresentada na Tabela 11.1. As estimativas para as exigências nutricionais de vacas zebuínas gestantes e não gestantes discutidas a seguir são oriundas de trabalhos recentemente publicados sobre o assunto (Gionbelli, 2013; Gionbelli et al., 2013; Gionbelli et al., 2014; Gionbelli et al., 2015a; Gionbelli et al., 2015b).

CONSUMO DE MATÉRIA SECA EM VACAS ZEBUÍNAS ADULTAS

Em mamíferos de estômago simples, há aumento da ingestão de alimentos durante a gestação para coincidir com as altas exigências nutricionais de grandes ninhadas ou mesmo fetos simples. Em porcas esse efeito é bastante pronunciado ao ponto de, adotarem-se na

prática, dietas ricas em fibras durante a gestação com objetivo de evitar acréscimo excessivo de gordura corporal (Forbes, 2007). Em ruminantes, é sugerido que as fêmeas possam aumentar a ingestão voluntária de alimentos na metade da gestação, porém, esse aumento é muito menos pronunciado do que em porcas e muitas vezes não é notado (Ingvartsen e Andersen, 2000). Forbes (1996) relatou também que vacas e ovelhas tendem a aumentar, por ficarem mais seletivos, o consumo voluntário de alimentos de maior qualidade nutricional, quando o final da gestação se aproxima. Por outro lado, porém, há redução notável no consumo nas semanas finais da gestação de bovinos, o que é facilmente perceptível.

Ingvartsen et al. (1992) mostraram um quadro contendo 20 grupos de vacas de nove publicações, onde observam-se variações no consumo nas últimas semanas que vão desde aumento de 0,2%/semana até redução de 9,4%/semana. Os mesmos autores também verificaram que novilhas reduziram o consumo voluntário nas últimas 14 semanas de gestação em 1,53%/semana, com aumento dessa taxa nas duas últimas semanas, e cerca de 30% de redução nos cinco dias que antecedem o parto. As variações observadas no consumo durante a gestação também podem ser diferentes para vacas e novilhas (Ingvartsen e Anderson, 2000).

Tabela 11.1 - Partição das exigências nutricionais de vacas zebuínas gestantes e não gestantes pelo método fatorial testadas para esta edição do BR-CORTE

<i>Recuperada</i>	<i>Líquida</i>	<i>Metabolizável</i>	<i>Digestível</i>
Manutença			
-	$ELm = f(PCVZ^{0,75})$ $PLm = \beta_0$ da relação $(PRct/d) = \beta_0 + \beta_1 \times CPM$	$EMm = f(PCVZ^{0,75})$ $EMm = ELm / km$ $PMm = \beta_0$ da relação $CPM = \beta_0 + \beta_1 \times rGPCVZ$ $PMm = PLm / zm$	
Gestação			
$ERgest = f(DG)$ $NRgest = f(DG)$	$ELgest =$ primeira derivada de $ERgest$ $PLgest =$ primeira derivada de $NRgest$	$EMgest = ELgest / kgest$ $kgest_1 = ELgest / (CEM - EMm - EMg)$ $kgest_2 = (1/\beta_2)$ da relação $CEM = \beta_0 + \beta_1 \times ERct + \beta_2 \times ERgest$ $PMgest = PLgest / zgest$ $zgest_1 = PLgest / (CPM - PMm - PMg)$ $zgest_2 = (1/\beta_2)$ da relação $CPM = \beta_0 + \beta_1 \times PRct + \beta_2 \times PRp$	$ED = EMt / q$ $q = (EB - EU - E) / EB$ $NDT = ED / 4,4$
Ganho de peso			
$ERct = f(PCVZng)$ $NRct = f(PCVZng)$	$ELg =$ primeira derivada de $ERct$ $ELg = f(PCVZng^{0,75}, rGPCVZ)$ $PLg =$ primeira derivada de $NRct \times 6,25$ $PLg = f(PCVZng^{0,75}, rGPCVZ)$ $PLg = f(ELg, rGPCVZ)$	$EMg = ELg / kg$ $kg = \beta_1$ da relação $(ERct/d) = \beta_0 + \beta_1 \times CEM$ $PMg = PLg / zg$ $zg = \beta_1$ da relação $(PRct/d) = \beta_0 + \beta_1 \times CPM$	$PDR = PBmic$ $PNDR = ((PMt - (PBmic \times 0,64)) / 0,8$ $PB = PDR + PNDR$
Total			
$ERt = ERgest + ERct$ $NRt = NRgest + NRct$	-	$EMt = EMm + EMgest + EMg$ $PMt = PMm + PMgest + PMg$	

Abreviações: PB = proteína bruta, ED = energia digestível, DG = dias em gestação, PCVZ = peso de corpo vazio, PCVZng = peso de corpo vazio em condição de não gestação, E = energia via metano, EB = energia bruta, $kgest$ = eficiência parcial do uso da energia metabolizável para gestação, kg = eficiência parcial do uso da energia metabolizável para ganho, km = eficiência parcial do uso da energia metabolizável para manutenção, EMg = energia metabolizável para ganho, CEM = consumo de energia metabolizável, EMm = energia metabolizável para manutenção, EMgest = energia metabolizável para gestação, PMg = proteína metabolizável para ganho, CPM = consumo de proteína metabolizável, PMm = proteína metabolizável para manutenção, PMgest = proteína metabolizável para gestação, ELg = energia líquida para ganho, ELm = energia líquida para manutenção, ELgest = energia líquida para gestação, PLg = proteína líquida para ganho, PLm = proteína líquida para manutenção, PLgest = proteína líquida para gestação, PBmic = proteína bruta microbiana, q = metabolizabilidade da energia, PDR = proteína degradada no rúmen, rGPCVZ = ganho de peso de corpo vazio real, ERct = energia recuperada nos tecidos corporais de vacas, ERgest = energia recuperada nos componentes da gestação, NRct = N recuperado nos tecidos corporais de vacas, NRgest = N recuperado nos componentes da gestação, PRct = proteína recuperada nos tecidos corporais de vacas, PNDR = proteína não degradável no rúmen, NDT = nutrientes digestíveis totais, EMt = energia metabolizável total, PMt = proteína metabolizável total, ERT = energia recuperada total, NRt = N recuperado total, EU = energia via urina, $zgest$ = eficiência parcial do uso da proteína metabolizável para gestação, zg = eficiência parcial do uso da proteína metabolizável para ganho e zm = eficiência parcial do uso da proteína metabolizável para manutenção

Fatores reguladores de consumo em vacas gestantes

A regulação da ingestão de alimentos por vacas em gestação pode apresentar fatores físicos e fisiológicos que não são contemplados em modelos tradicionais de regulação da ingestão de alimentos em ruminantes (Forbes, 1980; Fisher et al., 1987). Essas particularidades, como a influência do peso do bezerro na redução da capacidade ruminal, a regulação hormonal da gestação, ou ainda o mecanismo homeorrético de utilização dos nutrientes, são difíceis de modelar e são as principais causas das variações no consumo voluntário observado nesse estágio fisiológico de bovinos. Dentre os vários fatores envolvidos na regulação da ingestão de alimento por vacas gestantes podem-se destacar:

Fatores físicos: Tem sido sugerido que a redução na ingestão de alimentos, observada no final da gestação, pode ser causada devido à compressão do rúmen pelo útero em crescimento e agravada pela gordura abdominal (Forbes, 2007). O deslocamento do rúmen em função do crescimento do feto em ovinos foi ilustrado graficamente por Forbes (1968), que abateu ovelhas em diferentes estágios de gestação, congelou-as inteiramente, cortou seções transversas do abdômen e fotografou. Forbes (1969) observou uma relação negativa entre o volume de conteúdo ruminal no momento do abate (VR, litros) e o volume de conteúdo compressível ruminal (útero grávido + gordura abdominal, CCR, litros), em ovelhas alimentadas com feno, conforme a seguinte relação: $VR = 10,3 - 0,37 \times CCR$. Ainda no mesmo trabalho, o consumo de matéria seca (CMS, kg/dia) durante as duas últimas semanas antes do abate foi positivamente relacionado ao VR (litros) no momento do abate: $CMS = 0,48 + 0,033 \times VR$. A queda no consumo de alimentos foi proporcionalmente menor do que a do volume ruminal, provavelmente como resultado do aumento da taxa de passagem como fator de compensação para a redução do volume ruminal. Posteriormente, outros estudos (Kaske e Groth, 1997; Gunter et al., 1990; Coffey et al., 1989) confirmaram a teoria de que a gestação aumenta a taxa de passagem da digesta em ovinos, provavelmente como fator compensador da compressão ruminal pelo útero grávido.

Em vacas, Lagerlof (1929) relatou aumento da quantidade de gordura abdominal e compressão física do rúmen pelo útero. Lamberth (1969) realizou dois experimentos para comparar o efeito da gestação sobre o consumo voluntário, a digestibilidade e a taxa de passagem da matéria seca em novilhas. Os dois experimentos foram realizados utilizando-se pares de novilhas gêmeas, com uma de cada par estando gestante e outra não. A digestibilidade da matéria seca foi menor nas novilhas gestantes, causando também uma redução na ingestão de matéria seca digestível. As medidas de volume ruminal e taxa de passagem não geraram resultados conclusivos.

Estas informações fornecem evidências suficientes para que se possa afirmar que há um efeito físico da gestação sobre a redução do consumo de matéria seca de vacas e ovelhas no final da gestação. Porém, é improvável que a diminuição do volume ruminal seja a única causa para a queda no consumo. Coppock et al. (1974) observaram que a redução no consumo de matéria seca de vacas no final da gestação foi mais pronunciado quando a dieta continha altos níveis de concentrado, comparado à dietas com menor nível. Portanto, é provável que outros fatores também estejam envolvidos na redução do consumo no final da gestação. Além disso, é importante observar que os efeitos de compressão física coincidem com as mudanças nos fatores endócrinos e reservas corporais, mediadas em resposta ao avanço da gestação e preparação para uma lactação futura.

No parto, a cavidade abdominal é aliviada pela saída do líquido amniótico, feto e membranas fetais, sendo essa diminuição na ordem de 70 kg para vacas leiteiras e 50 kg para vacas de corte. O desaparecimento de uma massa tão grande da cavidade abdominal deveria permitir um aumento rápido no consumo voluntário de alimentos nos primeiros dias após o parto, caso a compressão física fosse o único fator que causasse a redução no consumo. Em geral, nenhum aumento rápido da ingestão de matéria seca é observado logo após o parto, sendo esse aumento relativamente lento, até mesmo em relação ao aumento na produção de leite (Friggens et al., 1998).

Fatores fisiológicos: Uma série de fatores endócrinos, metabólicos e comportamentais estão relacionados com a variação da ingestão de alimentos durante a

gestação em vacas. Sugere-se que o principal hormônio atuante na redução do consumo seja o estrógeno (Forbes, 2007). No momento do cio na vaca, um pico de estrógeno coincide com baixa ingestão de alimentos que, nesse caso, é temporária (Forbes, 2007). Durante a gestação, entretanto, os níveis plasmáticos de estrógeno aumentam para cerca de 300 pg/mL durante o primeiro semestre de gestação e mantêm-se estáveis até um mês antes do parto, quando os níveis se elevam até 4000-6000 pg/mL nos últimos dias antes do parto. Este aumento nos dias que antecedem o parto que correlaciona com a redução do consumo.

A progesterona parece não ter um efeito direto sobre o consumo de alimentos em bovinos (Ingvarsen e Andersen, 2000), porém, por bloquear os efeitos do estrógeno (Gagliostro et al., 1991), pode reduzir os efeitos deste na redução do consumo. Bargeloh et al. (1975) infundiram diariamente progesterona ao nível de 0,25 mg/kg em vacas no final da gestação e observaram maior consumo de matéria seca das vacas tratadas em relação às não tratadas (17,1 kg/dia vs 11,7 kg/dia, respectivamente) nos últimos 6 dias de gestação. Houve também prolongamento da gestação em algumas vacas que receberam as doses de progesterona, causando problemas e dificultando o uso comercial de algum desse tipo de infusão hormonal.

Fatores metabólicos: Um desbalanço entre os nutrientes requeridos pela mãe e pelo feto durante o final da gestação também pode reduzir a ingestão de alimento pelas fêmeas ruminantes nessa fase. Barry e Manley (1986) infundiram glicose e caseína no abomaso de ovelhas gestantes e observaram aumento do consumo voluntário quatro semanas antes do parto nas ovelhas infundidas, havendo posteriormente, redução mais pronunciada do consumo do que nos animais não infundidos. Os autores sugeriram que o efeito do maior consumo nos animais infundidos causou maior depressão pré-parto no consumo, enquanto que nos animais não infundidos, o consumo foi limitado pelo desbalanço da dieta e pelos demais fatores presentes no final da gestação.

Fatores comportamentais: Preocupação e desconforto com a necessidade de procurar um local adequado para o parto também são sugeridos como fatores que reduzem o consumo de alimentos por vacas gestantes no final da

gestação. Mudanças endócrinas associadas com o parto (corticosteróides, prostaglandinas, ocitocina, relaxina, etc.) também podem estar correlacionadas (Forbes, 2007).

Consumo de matéria seca por vacas zebuínas gestantes

Uma representação gráfica do consumo de matéria seca (CMS) por vacas zebuínas gestantes é apresentada na Figura 11.1 (Gionbelli, 2013). O efeito da gestação sobre o consumo voluntário de matéria seca foi avaliado, comparando-se o consumo de vacas gestantes e não gestantes recebendo dieta com alto nível de volumoso (85%) por período de duração semelhante. O ajuste de modelos segmentados foi testado, para verificar o decréscimo no CMS a partir de determinado período de gestação. Observou-se redução linear (parâmetros quadrático e cúbico também foram testados) no consumo de matéria seca em proporção do peso corporal por vacas zebuínas gestantes ($P < 0,05$) a partir de 131 dias de gestação (decréscimo de 0,0204 gramas de matéria seca por kg de PCJ para cada dia de gestação além de 135 dias). Conforme descrito nos itens posteriores, para essa edição do BR-CORTE, optou-se por considerar as exigências para gestação em vacas zebuínas a partir de 135 dias de gestação (4,5 meses). Dessa forma, um modelo de redução do CMS em função dos dias de gestação foi ajustado para vacas zebuínas adultas, a partir dos 135 dias de gestação. Portanto, as equações propostas para descrever o CMS de vacas zebuínas gestantes devem ser:

$$\text{CMS}_{\text{gest}} (\text{g/PCJ}) = \text{CMS}_{\text{ng}} - 0,02 \times (\text{TG} - 135)$$

Eq. 11.2

$$\text{CMS}_{\text{gest}} (\text{kg/dia}) = \text{CMS}_{\text{ng}} - (\text{PCJ} \times 0,00002 \times (\text{TG} - 135))$$

Eq. 11.3

em que: CMS_{gest} = consumo de matéria seca após 135 dias de gestação (em g/PCJ ou em kg/dia), CMS_{ng} = consumo de matéria seca não gestante ou até 135 dias de gestação (em g/PCJ para a Equação 11.2 e em kg/dia para a Equação 11.3), TG = tempo de gestação (dias) e PCJ = peso corporal em jejum (kg).

As equações acima apresentadas podem ser utilizadas para qualquer rebanho em qualquer situação, pois envolvem apenas ajuste do consumo de matéria seca em função

do avançar da gestação. Ainda não está disponível uma equação padronizada para estimar o consumo de matéria seca de vacas zebuínas adultas não gestantes, que depende

certamente de características do animal e da qualidade e disponibilidade da forragem (e suplemento).

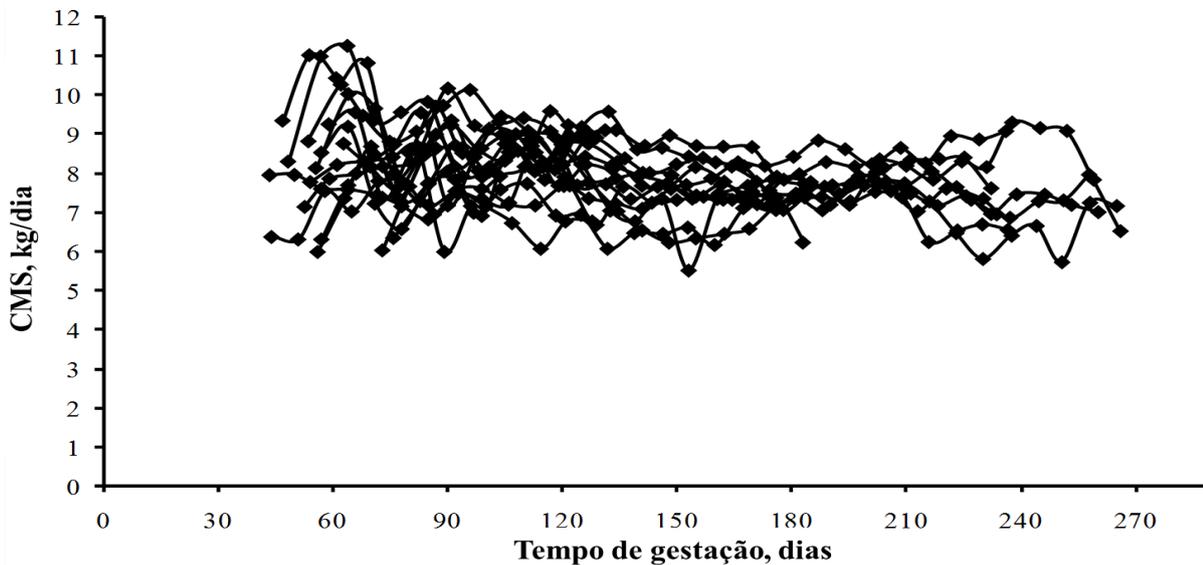


Figura 11.1 - Relação entre consumo de matéria seca e dias de gestação em vacas zebuínas gestantes.

EXIGÊNCIAS PARA MANTENÇA

Exigência de energia para manutenção

As exigências de energia líquida para manutenção (ELm , kcal/PCVZ $ng^{0,75}$ /dia) foram estimadas a partir da relação entre a produção de calor ($PCalor$, kcal/PCVZ $ng^{0,75}$ /dia) e o consumo de energia metabolizável (CEM , kcal/PCVZ $ng^{0,75}$ /dia), utilizando um modelo exponencial, da mesma forma que para animais em crescimento e terminação. O modelo obtido com base nos dados de Gionbelli (2013) é o seguinte:

$$PCalor = 85,9 \times \exp^{(0,0028 \times CEM)} \quad \text{Eq. 11.4}$$

O valor de ELm é correspondente ao intercepto da Equação 11.4, representando a quantidade de calor produzida em absoluto jejum. Ainda com base na Equação 11.4, são estimadas as exigências de energia metabolizável para manutenção (EMm , kcal/PCVZ $ng^{0,75}$ /dia), por meio de um processo iterativo para igualar a $PCalor$ e o CEM . A EMm representa o ponto em que o calor produzido pelo animal é igual à energia metabolizável consumida. Assim, as estimativas de ELm e EMm para vacas zebuínas adultas podem ser obtidas pelos modelos apresentados abaixo:

$$ELm \text{ (kcal / dia)} = 85,9 \times PCVZ^{0,75} \quad \text{Eq. 11.5}$$

$$EMm \text{ (kcal / dia)} = 120 \times PCVZ^{0,75} \quad \text{Eq. 11.6}$$

em que $PCVZ$ = peso de corpo vazio (kg).

A eficiência parcial de uso da energia metabolizável para manutenção (km) é obtida através da razão entre ELm e EMm (85,9/120), correspondendo a 0,72 ou 72%. Uma vez que é muito difícil modelar as exigências de energia metabolizável para manutenção para vacas gestantes, da mesma maneira que Ferrell et al. (1976c), assume-se que o km não varia entre vacas gestantes e não gestantes. Robinson et al. (1980) também sugeriu que o valor de km é similar entre animais gestantes e outras categorias.

O experimento usado como base para as estimativas de exigências de energia para vacas zebuínas (Gionbelli et al., 2015a) foi realizado com vacas em confinamento para garantir o controle experimental necessário a um estudo desse tipo. As estimativas de exigências de energia apresentadas no Capítulo 8 mostram que bovinos de corte criados em condições tropicais em pastejo apresentam EMm 8,5% superiores àqueles criados em confinamento. Como vacas de corte em cria são rotineiramente mantidas a pasto em condições tropicais, sugere-se o acréscimo de

8,5% no valor de EMm calculado para esta categoria ($120 \times 1,085$), sendo:

$$EMm \text{ (kcal / dia)} = 130 \times PCVZ^{0,75} \quad \text{Eq. 11.7}$$

em que PCVZ = peso de corpo vazio (kg).

O valor de EMm estabelecido para vacas zebuínas vazias e gestantes nessa edição do BR-CORTE é igual a EMm de uma novilha zebuína em crescimento, com ganho médio diário de 0,375 kg (o *km*, usado no cálculo da EMm de animais em crescimento, leva em consideração a taxa de ganho de peso – vide Capítulo 8). Já uma novilha em crescimento com ganho médio diário de 1 kg tem EMm igual a 119 kcal/PCVZ^{0,75}/dia, valor inferior à EMm de uma vaca adulta vazia ou gestante.

Embora existam evidências de que as exigências para manutenção (por unidade de tamanho metabólico, PCVZ^{0,75}) possam aumentar até 50% no final da gestação em bovinos de corte (Brody, 1946; Ferrell et al., 1976c; NASEM, 2016), tal acréscimo não tem sido diretamente considerado nos experimentos de abate comparativo realizados com vacas gestantes (Ferrell et al., 1976c; Gionbelli et al., 2015b). Nesses casos, o gasto energético adicional para manutenção que é relativo à

gestação é quantificado no cálculo das exigências nutricionais para gestação, conforme metodologia apresentada nesse capítulo (Tabela 11.1). Assim, torna-se possível calcular separadamente os requerimentos nutricionais de maneira fatorial, para manutenção, acúmulo de tecidos maternos e gestação, conforme já discutido.

Quando comparada à EMm para vacas zebuínas lactantes (135,4 kcal/PCVZ^{0,75}/dia; Capítulo 12), o valor de EMm apresentado para vacas vazias ou gestantes é 4% menor. Uma compilação de trabalhos realizada pelo sistema americano (NASEM, 2016) sugere que a exigência de manutenção para vacas lactantes é cerca de 20% maior (variação de 10 a 49%) do que para em vacas não lactantes em raças bovinas para corte.

Os valores de EMm estimados para vacas zebuínas não gestantes e não lactantes são cerca de 5% menores do que os valores de EMm estimados para vacas taurinas (cruzas de Angus-Hereford) da mesma categoria (Tabela 11.2). Em comparação aos valores de EMm estimados para vacas taurinas de grande porte (continentais), os valores de EMm de vacas zebuínas não gestantes e não lactantes são cerca de 14% menores, para vacas de mesmo peso (considerando dados de C.L. Ferrell e T.G. Jenkins, não publicados, citados pelo NASEM, (2016).

Tabela 11.2 - Exigências de energia metabolizável para manutenção estimadas para vacas zebuínas e taurinas de corte com 450 e 600 kg de peso corporal

Subespécie	PC, kg	PCJ, kg	PCVZ, kg	UTM, kg	EM _m , Mcal/dia	%
<i>Bos taurus indicus</i>	450	438 ¹	397 ³	89 ⁵	11,6 ⁵	94 ⁷
<i>Bos taurus taurus</i>	450	432 ²	368 ⁴	98 ⁶	12,3 ⁶	100
<i>Bos taurus indicus</i>	600	589 ¹	536 ³	111 ⁵	14,5 ⁵	95 ⁷
<i>Bos taurus taurus</i>	600	576 ²	490 ⁴	121 ⁶	15,3 ⁶	100

PC = peso corporal, PCJ = peso corporal em jejum, PCVZ = peso de corpo vazio, UTM = unidade de tamanho metabólico e EM_m = exigência de energia metabolizável para manutenção; ¹PCJ = $0,8084 \times PC^{1,0303}$ (Capítulo 1); ²PCJ = $0,96 \times PC$ (NRC); ³PCVZ = $0,8424 \times PCJ^{1,0122}$ (Capítulo 1); ⁴PCVZ = $0,851 \times PCJ$ (NRC); ⁵EM_m = $130 \times PCVZ^{0,75} / 1000$; ⁶EM_m = $126 \times PC^{0,75} / 1000$, para vacas Angus-Hereford, dados de C.L. Ferrell e T.G. Jenkins, não publicados, citados no NRC (2000); ⁷Como % da EMm de vacas taurinas.

Exigências de proteína para manutenção

Assim como as exigências de energia para manutenção, as exigências de proteína para manutenção foram calculadas a partir do banco de dados de vacas não gestantes e não lactantes do experimento de Gionbelli (2013). A exigência de proteína metabolizável para manutenção (PMm, g/dia) foi obtida a partir da relação entre o consumo de proteína metabolizável (CPM, g/dia), a proteína retida nos tecidos maternos (PRtm, g/dia) e o peso corporal em jejum médio metabólico (PCJ^{0,75}),

mostrada na Equação 11.8. Com base na Equação 11.8, o CPM necessário para manter o conteúdo corporal de proteína estável é igual a 3,93 gramas por kg de PCJ^{0,75}, que representa o valor de PMm para vacas zebuínas não gestantes e não lactantes. Este valor é muito próximo ao valor de PMm recomendado para animais em crescimento criados em condições de pastejo (Capítulo 9, PMm, g/dia = $3,9 \times PCJ^{0,75}$). Devido à pequena diferença numérica, o mesmo valor de PMm é também sugerido para vacas zebuínas (Equação 11.9).

$$CPM = 3,93 \times PCJ^{0,75} + 2,63 \times PRtm$$

Eq. 11.8

$$PMm \text{ (g / dia)} = 3,9 \times PCJ^{0,75}$$

Eq. 11.9

em que CPM = consumo de proteína metabolizável (g/dia), PCJ = peso corporal em jejum (kg) e PRtm = proteína retida nos tecidos maternos (g/dia).

EXIGÊNCIAS PARA GANHO DE TECIDOS MATERNOS

As exigências nutricionais para ganho de tecidos maternos foram estimadas de acordo com a taxa diária de acúmulo de tecidos maternos (GMD relativo a tecidos maternos – vide Capítulo 1) e o Escore de Condição Corporal (ECC). Permite-se assim, usar essas estimativas para rebanhos com peso à maturidade variáveis. Apesar de representar parametrização de um conjunto de avaliações subjetivas, o ECC é uma ferramenta de alta significância prática e comprovadamente relacionada às variações da composição corporal de vacas adultas (NRC, 2000).

Cabe ressaltar também que, conforme a metodologia proposta na Tabela 11.1, as exigências para ganho de peso de vacas gestantes e não gestantes são consideradas similares, embora possa haver efeito de metabolismo homeorrético (Hammond, 1947). No entanto, Gionbelli et al. (2015b) não observaram efeito da gestação sobre a dinâmica da deposição de tecidos maternos (P=0,388), indicando que, quantitativamente, a composição do ganho de tecidos maternos de vacas gestantes e não gestantes é similar. Isso sustenta o uso do modelo fatorial para cálculo das exigências nutricionais de vacas zebuínas, no qual exigências para manutenção, ganho de

tecidos maternos e gestação são calculadas independentemente e somadas para calcular as exigências totais.

Exigências de energia para ganho

As exigências nutricionais de energia líquida para ganho de peso de vacas adultas (ELg, Mcal/dia), são calculadas através da seguinte equação:

$$ELg = 3,82 \times GPCVZng^{1,07} \times ECC^{0,35}$$

Eq. 11.10

em que GPCVZng = ganho de peso de corpo vazio não gestante (kg), que considera o ganho de peso relativo a tecidos maternos da vaca (para vacas não gestantes é igual ao GPCVZ) e ECC = escore de condição corporal da vaca (escala de 1 a 9).

Com base na Equação 11.10, a exigência líquida de energia para ganho de peso de duas vacas adultas, com ECC de 5, mas com pesos diferentes (ex.: 500 e 600 kg) é a mesma, pois pressupõe-se que a composição corporal de ambas é proporcional ao ECC e se o peso a um mesmo ECC for diferente, significa que o peso maduro do rebanho ao qual fazem parte é diferente. Isso ocorre porque a ELg é calculada com base nas variações da composição corporal e, conseqüentemente, da composição do ganho. O expoente 1,07 do GPCVZ significa que a composição do ganho varia em função da taxa diária de acúmulo de reservas. Para taxas maiores de GMD, maior proporção de gordura será depositada e, conseqüentemente, maior será a ELg por kg de ganho. Uma exemplificação de aplicação da Equação 11.10 é apresentada a seguir.

Tabela 11.3 - Exigências líquidas de energia para ganho de peso de vacas adultas de diferentes escores de condição corporal e a diferentes taxas de ganho de peso

ECC	GMD, kg	GPCVZ, kg ¹	ELg, Mcal/dia	ELg/kg GPCVZ, Mcal
3	0,2	0,19	0,94	4,99
3	0,5	0,48	2,54	5,33
3	0,8	0,77	4,23	5,51
5	0,2	0,19	1,12	5,97
5	0,5	0,48	3,04	6,37
5	0,8	0,77	5,06	6,59
7	0,2	0,19	1,26	6,71
7	0,5	0,48	3,41	7,17
7	0,8	0,77	5,69	7,41

ECC = escore de condição corporal, GMD = ganho médio diário, GPCVZ = ganho de peso de corpo vazio e ELg = exigência líquida de energia para ganho de peso; ¹GPCVZ = 0,963×GMD^{1,0151} (Capítulo 1).

A concentração de energia no ganho para vacas adultas apresentada na Tabela 11.3 é, em geral, maior do que para animais em crescimento (Capítulo 8) para ECC ≥ 4. Vacas com ECC < 4 apresentam considerável proporção de tecido magro na composição do ganho. Tal fato ocorre, provavelmente, porque embora tenham teoricamente atingido a maturidade fisiológica, a quantidade de tecido muscular esquelético na carcaça está abaixo da regular, devido à mobilização para atendimento das exigências de gestação, lactação ou até mesmo manutenção. Existem evidências de grande mobilização de tecido muscular esquelético na carcaça de fêmeas ruminantes adultas para atender a grande demanda de aminoácidos para placenta nos estágios finais da gestação (Bell et al., 2000; Bell e Ehrhardt, 2000; Bell et al., 2005).

As exigências líquidas de energia para acúmulo de reservas aqui apresentadas para vacas zebuínas são similares àquelas para vacas taurinas apresentadas pelo Sistema americano (NASEM, 2016), considerando ainda as variações de ECC. Segundo a 8ª edição desse Sistema (NASEM, 2016), uma vaca adulta com ECC = 5, independente do peso à maturidade, requer 6,38 Mcal para cada kg de GPCVZ. Já os dados apresentados nessa edição do BR-CORTE para vacas zebuínas mostram que uma vaca zebuína adulta com ECC = 5, independente do peso à maturidade, requer entre 5,97 e 6,69 Mcal por kg de GPCVZ, dependendo da taxa de ganho de peso (nesse caso, 5,97 Mcal/kg GPCVZ para GPCVZ = 0,2 kg/dia e 6,69 Mcal/kg GPCVZ para GPCVZ = 1,0 kg/dia). Tal variação na composição do ganho em função da taxa de ganho, no entanto, não é contemplada pelo Sistema americano.

A eficiência parcial para conversão de energia metabolizável em energia líquida (kg) para ganho de peso sugerida para vacas zebuínas adultas é de 0,53 (Gionbelli et al., 2015b). Assim, o cálculo das exigências de energia metabolizável para ganho de peso de tecidos maternos (EMg, Mcal/dia) para vacas zebuínas adultas pode ser realizado de acordo com a Equação 11.11:

$$EMg = ELg/0,53 \quad \text{Eq. 11.11}$$

em que ELg = exigência de energia líquida para ganho (Mcal/dia).

Exigências de proteína para ganho

As exigências líquidas de proteína para ganho de peso de vacas adultas (PLg, g/dia) foram estimadas por um modelo linear que leva em consideração o GPCVZ e a ELg. Dessa forma, contempla-se também o efeito do ECC sobre a composição de proteína no ganho, que reduz conforme aumenta o ECC. A equação que descreve as exigências de PLg (g/dia) é apresentada a seguir:

$$PLg = 307 \times GPCVZng - 34 \times ELg \quad \text{Eq. 11.12}$$

em que GPCVZng = ganho de peso de corpo vazio não gestante (kg) e ELg = exigência de energia líquida para ganho de peso (Mcal/dia).

Um exemplo de aplicação da Equação 11.12 é apresentado na Tabela 11.4. Comparando-se a PLg de uma vaca zebuína adulta e uma novilha em crescimento (350 kg) com ganho médio diário de 0,5 kg/dia, o valor médio de PLg de uma vaca com ECC = 5 é cerca

de 40% inferior ao de uma novilha zebuína em crescimento. Tal fato é explicado pela variação na composição do ganho, visto que novilhas em crescimento têm maior proporção de ganho de tecido magro do que vacas adultas

em ECC médio. Ainda de acordo com a Equação 11.12 e a Tabela 11.4, observa-se que quanto maior o ECC, menor o ganho diário proporcional de proteína, chegando a níveis irrisórios com ECC > 6.

Tabela 11.4 - Exigências líquidas de proteína para ganho de peso de vacas adultas de diferentes escores de condição corporal e a diferentes taxas de ganho de peso

ECC	GMD, kg	GPCVZ, kg ¹	PLg, g/dia	% de Proteína no GPCVZ
3	0,2	0,19	26	13,7
3	0,5	0,48	60	12,6
3	0,8	0,77	92	12,0
5	0,2	0,19	20	10,4
5	0,5	0,48	43	9,0
5	0,8	0,77	64	8,3
7	0,2	0,19	15	7,9
7	0,5	0,48	30	6,3
7	0,8	0,77	42	5,5

ECC = escore de condição corporal, GMD = ganho médio diário, GPCVZ = ganho de peso de corpo vazio e PLg = exigência líquida de proteína para ganho de peso; ¹GPCVZ = 0,963×GMD^{1,0151} (Capítulo 1).

Para conversão das exigências líquidas de proteína para acúmulo de tecidos maternos em exigências de proteína metabolizável, usa-se a eficiência de uso de proteínas absorvidas (*k*) que para vacas zebuínas adultas foi usado o valor de 0,474 sugerido pelo sistema BR-CORTE. Assim, o cálculo das exigências de energia metabolizável para ganho de peso de tecidos maternos (PMg, g/dia) para vacas zebuínas adultas pode ser realizado de acordo com a Equação 11.13.

$$PMg = PLg/0,474 \quad \text{Eq. 11.13}$$

em que PLg = exigência de proteína líquida para ganho (g/dia).

EXIGÊNCIAS PARA GESTAÇÃO

As estimativas de exigências nutricionais para gestação dessa edição do BR-CORTE foram realizadas com base em um único experimento de abate comparativo utilizando vacas zebuínas (Nelore) gestantes e não gestantes realizado até o momento (Gionbelli, 2013; Gionbelli et al., 2015b). Para estimar as quantidades de energia e proteína retidas em constituintes relacionados à gestação, o conceito de componente gestação (GEST) foi adotado. O conceito de GEST foi apresentado por Gionbelli et al. (2015a) e é também descrito no Capítulo 1 do BR-CORTE. Com base no GEST, as

quantidades de energia e proteína utilizadas para calcular as exigências líquidas para gestação foram aquelas genuinamente relacionadas à gestação, que incluíram: o útero grávido menos o útero não grávido (estimado) e o acréscimo no úbere relativo à gestação. Assim sendo, as quantidades de energia e proteína consideradas como tecidos maternos foram aquelas presentes na carcaça, órgãos internos, sangue, cabeça, membros, úbere não grávido e útero não grávido. Ou seja, as quantificações de energia e proteína retidas em constituintes maternos ou componente gestação seguiram as mesmas diretrizes utilizadas para o peso desses compartimentos (descrito no Capítulo 1). O conceito de GEST não aborda, no entanto, o possível efeito da gestação que faz variar constituintes corporais maternos como ossos, tecido muscular esquelético, tecido adiposo e órgãos internos. Tais variações ocorrem em função do efeito homeorrético da gestação (Hammond, 1947), no qual tecidos periféricos e órgãos podem “trabalhar” para dar suporte ao crescimento e metabolismo de um órgão, tecido ou sistema prioritário. Tal interação é extremamente difícil de modelar. No trabalho de Gionbelli et al. (2015b), no entanto, não foram observadas evidências significativas do efeito da gestação sobre a dinâmica de deposição de tecidos maternos (variações na composição do ganho de tecidos maternos de vacas gestantes e não gestantes).

Exigências de energia para gestação

A equação utilizada nesta edição do BR-CORTE para descrever as exigências líquidas de energia para crescimento de tecidos relacionados à gestação em vacas zebuínas gestantes foi gerada a partir da primeira derivada de um modelo do tipo potência entre o tempo de gestação e o acúmulo de energia no GEST. Posteriormente, a equação foi adaptada para contemplar pesos variáveis de bezerro ao nascimento (BEZ, em kg), para que possa ser aplicável a rebanhos de diferentes fenótipos. Portanto, as exigências líquidas de energia para gestação (EL_{gest} , Mcal/dia) para vacas zebuínas adultas podem ser calculadas pela seguinte equação:

$$EL_{gest} = \frac{BEZ \times 0,000000793 \times TG^{3,017}}{1000} \quad \text{Eq. 11.14}$$

em que BEZ = peso médio dos bezerros do rebanho ao nascer (kg) e TG = tempo de gestação (dias).

O modelo do tipo potência foi utilizado em detrimento ao uso de um modelo logístico (utilizado para estimar o peso do útero grávido no Capítulo 1) para facilitar a aplicabilidade das estimativas e por apresentar diferenças não significativas nos valores estimados. Quando comparadas às exigências de EL_{gest} adotadas pelo Sistema americano (NASEM, 2016) para gestação de bezerros com mesmo peso estimado ao nascimento, as exigências estimadas para gestação em vacas zebuínas são cerca de 30% menores (Figura 11.2).

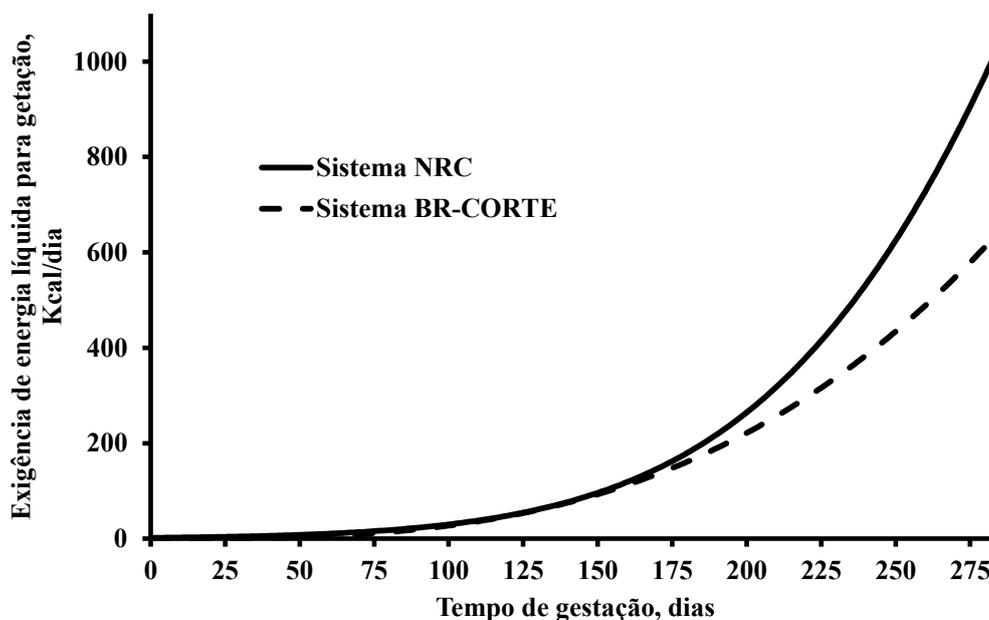


Figura 11.2 - Exigências líquidas de energia para gestação de uma vaca Angus-Hereford gestando um bezerro com peso estimado ao nascimento de 32 kg (linha contínua, NASEM, 2016) e de uma vaca Nelore gestando um bezerro com peso estimado ao nascimento de 32 kg (linha tracejada, BR-CORTE, 2016).

Para conversão da exigência de EL_{gest} em exigência de energia metabolizável para gestação (EM_{gest} , Mcal/dia), o valor de EL_{gest} deve ser dividido pela eficiência de uso da energia metabolizável para gestação (k_{gest}), cujo valor reportado por Gionbelli et al. (2015b) foi de 0,12. O valor de k_{gest} de 12% é bastante próximo ao valor médio de 14% obtido por Ferrell et al. (1976c) para gestação de vacas taurinas e próximo também do valor de 13%

adotado pelo Sistema americano (com base em uma média resultados de trabalhos envolvendo ovinos e bovinos). Dessa forma, EM_{gest} deve ser calculada da seguinte maneira:

$$EM_{gest} = EL_{gest}/0,12 \quad \text{Eq. 11.15}$$

em que EL_{gest} = exigência de energia líquida para gestação (Mcal/dia).

Considerando-se uma vaca zebuína com 500 kg de PC na última semana de gestação (TG

= 285) um bezerro com peso estimado ao nascer de 32 kg, as exigências de energia metabolizável para manutenção e gestação correspondem, respectivamente, a 12,6 e 5,4 Mcal/dia. Ou seja, no ápice das exigências nutricionais para gestação, o valor de EM_{gest} pode chegar a 43% do valor da EM_m, considerando uma vaca de porte médio. Em vacas de pequeno porte a exigência de energia metabolizável para gestação pode ser superior a 50% da exigência de manutenção. Considerando-se os últimos 90 dias de gestação, a exigência média de energia metabolizável para gestação de uma vaca zebuína de 500 kg de PC, gestando um bezerro com peso estimado ao nascer de 32 kg, é de 3,4 Mcal/dia, o que corresponde a 28% da sua exigência para manutenção. Ou seja, considera-se necessário um acréscimo de 28% nas exigências de manutenção para que uma vaca de 500 kg de PC corporal consiga manter um ECC estável nos últimos 90 dias de gestação.

Tomando-se como base as equações descritas na Equação 11.14 e Equação 11.15, por iteração, observa-se que a exigência de EM_{gest} passa a ser maior do que 5% da EM_m aos 140 dias de gestação, quando EM_{gest} = 0,63 Mcal/dia (considerando-se uma vaca com 500 kg de PC gestando um bezerro com peso estimado ao nascimento de 32 kg e EM_m = 12,6 Mcal/dia).

Exigências de proteína para gestação

O modelo adotado nessa edição do BR-CORTE para estimar as exigências líquidas de proteína para gestação em vacas zebuínas foi um modelo do tipo potência, semelhante ao descrito na Equação 11.14 para estimar as exigências líquidas de energia para gestação.

$$PL_{gest}(g/dia) = BEZ \times 0,0000001773 \times TG^{2,945}$$

Eq. 11.16

em que BEZ = peso médio dos bezerros do rebanho ao nascer (kg) e TG = tempo de gestação (dias).

Uma comparação dos valores de PL_{gest} para vacas taurinas e zebuínas gestando bezerros de mesmo peso estimado ao nascer é apresentada na Figura 11.3. Para estimar a exigência de proteína metabolizável para gestação (PM_{gest}, g/dia), o valor de PL_{gest} deve ser dividido pela eficiência parcial de utilização da proteína absorvida para gestação, que para vacas zebuínas adultas foi

considerado o valor de 0,474 (BR-CORTE, 2016). Assim, a exigência de proteína metabolizável para gestação pode ser calculada como:

$$PM_{gest} = PL_{gest}/0,474 \quad \text{Eq. 11.17}$$

em que PL_{gest} = exigência de proteína líquida para gestação (g/dia).

A exigência de proteína metabolizável para gestação calculada de acordo com a Equação 11.16 e Equação 11.17 para uma vaca zebuína de 500 kg, gestando um bezerro de 32 kg de peso estimado ao nascer, aos 285 dias de gestação é de 203 g/dia, o que corresponde a 50% da exigência de proteína para manutenção dessa mesma vaca (PM_m = 405 g/dia).

Considerando-se os últimos 90 dias de gestação, a exigência média de PM_{gest} para a mesma vaca desse exemplo é de 143 g/dia, o que corresponde a um aumento médio de 35% nas exigências de proteína, em relação à manutenção (sem considerar ganho de tecidos maternos). Tais valores são representativos do grande aumento das exigências de proteína em função do tempo de gestação. A taxa de metabolismo uteroplacentário e fetal durante os estágios finais da gestação é muito alta (Battaglia e Meschia, 1988; Bell et al., 2005). Estudos anteriores reportam um grande aumento da demanda por glicose e aminoácidos pela placenta de ruminantes com o decorrer da gestação (McNeill et al., 1997; Freetly e Ferrell, 1998, 2000). Embora pouco seja conhecido sobre o particionamento de aminoácidos para a gestação, estima-se que em fêmeas ruminantes em final de gestação alimentadas com 110 até 140% das exigências de proteína para gestação, cerca de 80% da proteína digerida passe pelo útero grávido (Bell e Ehrhardt, 1998). Já em fêmeas ruminantes alimentadas com quantidades de proteína próximas ou abaixo das exigências para gestação, estima-se que os níveis de aminoácidos circulantes necessários para o bom andamento da gestação sejam mantidos por meio da mobilização de tecido muscular esquelético (Bell e Ehrhardt, 2000). Existem evidências de grande mobilização de tecido muscular esquelético materno para suprir a demanda de gestação quando as exigências dietéticas de proteína não são atendidas (McNeill et al., 1997).

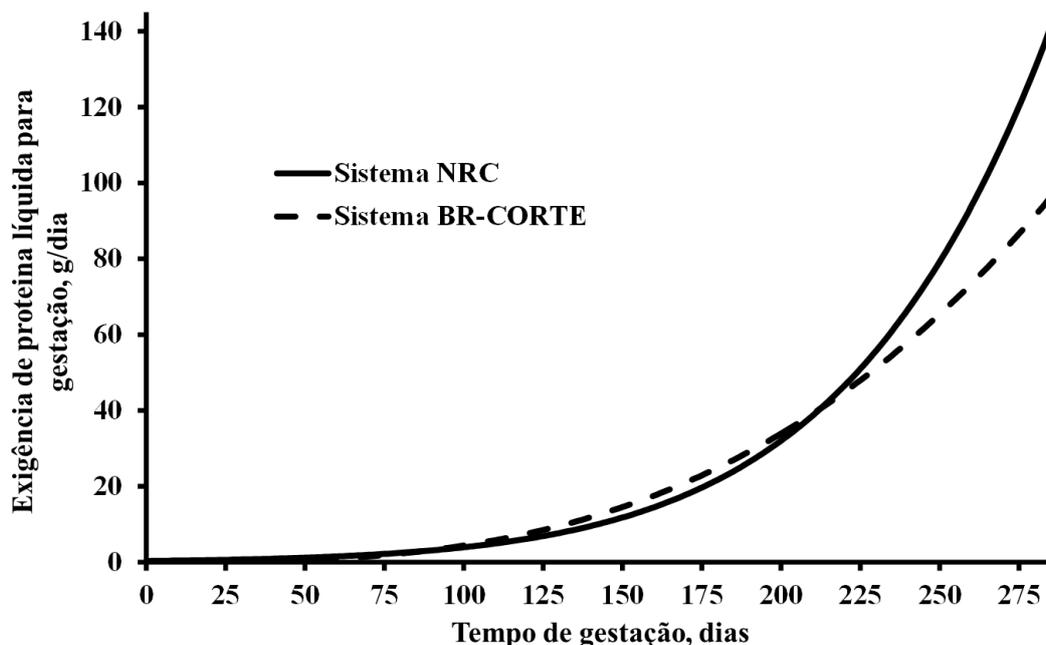


Figura 11.3 - Exigências líquidas de proteína para gestação de uma vaca Angus-Hereford gestando um bezerro com peso estimado ao nascimento de 32 kg (linha contínua, NASEM, 2016) e de uma vaca Nelore gestando um bezerro com peso estimado ao nascimento de 32 kg (linha tracejada, BR-CORTE, 2016).

ATENDIMENTO DAS EXIGÊNCIAS DE GESTAÇÃO E SEUS IMPACTOS NA PROGÊNIE

Adicionalmente ao que foi até então abordado, o atendimento ou não dos requerimentos nutricionais da gestação pode alterar a trajetória de desenvolvimento da progênie, impactando o seu desempenho durante a vida pós-natal. Tal situação é comumente observada em países onde a produção de bovinos de corte se dá majoritariamente a pasto. A variação sazonal da quantidade e qualidade das pastagens surge como um dos principais pontos críticos que reduz a eficiência de produção. Consequentemente, vacas gestantes criadas a pasto frequentemente são submetidas a variações na oferta e qualidade da forragem principalmente na época seca do ano. Visando amenizar tal problema, alguns produtores buscam diferentes estratégias de suplementação as quais geralmente se restringem ao terço final da gestação, o qual é apontado como a principal etapa em que a restrição alimentar da matriz pode afetar o desenvolvimento do bezerro, uma vez que a captação de nutrientes pelo feto torna-se

quantitativamente importante na segunda metade da gestação.

Contudo, a restrição alimentar durante os estágios iniciais da gestação causa também redução da deposição de tecido muscular e adiposo bem como no desempenho do bezerro, mesmo que não seja notada redução do peso e tamanho ao nascimento (Wu et al., 2006). Isso ocorre como o resultado de mudanças específicas nos mamíferos durante o desenvolvimento intra-uterino que altera quantitativa e/ou qualitativa a trajetória de desenvolvimento com resultados que persistem por toda vida do indivíduo. Baseado nessa premissa, estudos têm sido realizados com objetivo de compreender os processos envolvidos com o crescimento e desenvolvimento dos tecidos, uma vez que a produção de animais de corte visa maximização do seu desempenho e crescimento muscular aliado à adequada deposição de gordura (Tabela 11.5). Tal conhecimento torna viável a adoção de estratégias alimentares durante os diferentes estágios da gestação que possam resultar em incrementos no desempenho da progênie.

Durante a fase fetal, o músculo esquelético tem menor prioridade na partição de nutrientes comparativamente a órgãos vitais tais como o cérebro e coração. Dessa forma, em situações desafiantes ao feto durante o seu desenvolvimento, o tecido muscular esquelético se torna vulnerável à deficiência nutricional da matriz. A fase fetal é crítica para o desenvolvimento muscular, uma vez que não ocorre aumento no número de células musculares após o nascimento. A formação de fibras musculares é denominada miogênese, processo em que células mesenquimais multipotentes são convertidas em células musculares. A formação das fibras musculares ocorre a partir de dois eventos distintos temporalmente. Inicialmente, durante o desenvolvimento embrionário ocorre a formação das miofibras primárias, processo que se estende pelos dois primeiros meses de gestação (Russell e Oteruelo, 1981). Essas miofibras são utilizadas como suporte para posterior formação das miofibras secundárias, que ocorre durante a fase fetal e que por sua vez contribuem de forma majoritária para o aumento da massa muscular na fase pré-natal. Contudo, a maior parte das fibras musculares é formada entre o segundo e o oitavo mês de gestação e a redução da formação de fibras musculares durante este estágio de desenvolvimento fetal causa efeitos fisiológicos negativos persistentes no animal durante a fase pós-natal (Zhu et al., 2006).

Dado o fato de que células musculares assim como adipócitos e fibroblastos são oriundos do mesmo pool de células mesenquimais indiferenciadas, a nutrição materna durante a gestação tem sido reportada como sendo um dos principais fatores que afetam a miogênese e conseqüentemente o crescimento e desenvolvimento muscular fetal (Wu et al., 2006). A nutrição gestacional causa modificações na rota de sinalização celular podendo direcionar o pool de células mesenquimais indiferenciadas ao cometimento com formação de células musculares, adipócitos ou fibroblastos (Duarte et al., 2014).

Dessa forma, variações no atendimento dos requerimentos nutricionais da matriz podem ser utilizadas para maximizar o desenvolvimento do tecido muscular esquelético em detrimento à formação do tecido adiposo e conjuntivo. Similarmente,

caso seja de interesse, a produção de animais com maior potencial de deposição de gordura corporal, pode-se utilizar de intervenção intrauterina via nutrição gestacional a fim de se maximizar o desenvolvimento de adipócitos com objetivo de que o animal consiga maior deposição deste tecido na fase pós-natal em detrimento à deposição do tecido muscular esquelético.

Ressalta-se que o período da gestação em que a matriz é ou não submetida ao estresse nutricional é crucial para programação do desenvolvimento muscular da progênie. A partir do conhecimento de quando se dá prioritariamente a formação de células musculares durante a fase fetal ditará o momento em que deva ocorrer a manipulação da dieta materna visando a maximização da formação deste tecido no feto. De forma similar, caso seja interesse maior formação de células adipogênicas com intuito de potencializar a deposição de gordura pelo animal, o conhecimento de quando os adipócitos têm sua formação maximizada possibilitará a intervenção no desenvolvimento via nutrição materna para maximização da formação deste tecido. Trabalhos recentes têm evidenciado que a adipogênese em animais ruminantes inicia-se concomitantemente com a miogênese secundária no terço médio da gestação (Muhlhausler et al., 2007). Dessa forma, a adoção da nutrição materna adequada durante a gestação pode resultar em maior número de adipócitos, em função do aumento do comprometimento de células mesenquimais com a adipogênese, acarretando maior quantidade de gordura intramuscular na progênie.

Por fim, cabe ressaltar ainda as evidências até então encontradas de que o atendimento ou não dos requerimentos nutricionais da matriz durante a gestação podem afetar o metabolismo energético do animal durante a fase pós-natal. Estudos demonstraram que fetos de matrizes ovinas superalimentadas (150% dos valores recomendados pelo NRC) apresentam menor atividade da principal via de sinalização de regulação do metabolismo energético em tecido muscular esquelético (conhecida como via de sinalização AMPK) quando comparados a fetos de matrizes recebendo 100% dos requerimentos de manutenção de acordo com as recomendações do

NRC (Zhu et al., 2008). Tal fato nos leva a crer que, devido a possibilidade de perpetuação do efeito ao longo da vida pós-natal, estes animais poderão apresentar alteração na sua eficiência de crescimento também devido à alteração do metabolismo energético.

EXIGÊNCIAS DIETÉTICAS E CONSIDERAÇÕES PRÁTICAS PARA EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE GESTAÇÃO

Exigências dietéticas de energia para vacas gestantes e não gestantes

As exigências totais de energia metabolizável (EMtotal, Mcal/dia) para vacas zebuínas adultas, gestantes e não gestantes, são representadas pela soma das exigências para manutenção, ganho de tecidos maternos e para gestação, conforme segue:

Vacas vazias:

$$EM_{total} = EM_m + EM_g$$

Eq. 11.18

Vacas gestantes:

$$EM_{total} = EM_m + EM_g + EM_{gest}$$

Eq. 11.19

em que EM_m = exigência de energia metabolizável para manutenção (Mcal/dia), EM_g = exigência de energia metabolizável para ganho de tecidos maternos (Mcal/dia) e EM_{gest} = exigência de energia metabolizável para gestação (Mcal/dia).

Para conversão das exigências de energia metabolizável em exigências de energia digestível para vacas zebuínas adultas, quando a concentração energética da dieta (ou só da forragem, para vacas criadas a pasto sem suplementação) for conhecida (Mcal de ED/kg ou NDT) as três primeiras equações abaixo podem ser utilizadas Equação 11.20, Equação 11.21 ou Equação 11.22. Quando a concentração

energética da dieta não for conhecida, a Equação 11.23 deverá ser utilizada:

$$[EM] = 0,9147 \times [ED] - 0,2227 \quad \text{Eq. 11.20}$$

$$[ED] = \frac{0,2227 + [EM]}{0,9147} \quad \text{Eq. 11.21}$$

$$\frac{EM}{ED} = 0,65 + 0,44 \times NDT - 0,24 \times NDT^2 \quad \text{Eq. 11.22}$$

$$ED = \frac{EM}{0,82} \quad \text{Eq. 11.23}$$

em que $[EM]$ = concentração de energia metabolizável (Mcal/kg), $[ED]$ = concentração de energia digestível (Mcal/kg), EM = energia metabolizável (Mcal/dia), ED = energia digestível (Mcal/dia) e NDT = nutrientes digestíveis totais (em escala centesimal, de 0 a 1).

As Equações 11.20 e 11.21 apresentadas acima são oriundas da relação entre EM e ED obtida em dietas de vacas zebuínas adultas gestantes e não gestantes (Figura 11.4). A Equação 11.22 é uma variação das equações anteriores, considerando que 1 kg de NDT = 4,4 kg de ED . A Equação 11.23 representa o valor padrão de eficiência de conversão de ED em EM historicamente utilizada pelos sistemas de alimentação (NASEM e BR-CORTE). Para vacas zebuínas adultas, o coeficiente de 0,82 representa, de acordo com a Equação 11.23, uma dieta com 55% de NDT . A relação apresentada na Figura 11.4 não difere muito daquela obtida por Galyean et al. (2016) para bovinos *Bos taurus taurus* em crescimento e terminação ($EM = 0,9611 \times ED - 0,2999$).

Para conversão das exigências totais de energia digestível em exigências dietéticas de energia, representadas por NDT , deve-se dividir o valor de ED_{total} por 4,4, considerando a relação 1 kg de NDT = 4,4 kg de ED .

Tabela 11.5 - Seleção de trabalhos científicos publicados nos últimos anos que utilizaram animais ruminantes como modelo biológico e que demonstram alterações sofridas no desenvolvimento muscular esquelético fetal e/ou da progênie em função da variação no atendimento ou não dos requerimentos nutricionais da matriz durante a gestação

Referência	Observações relevantes
Raja, JS. et al. Restricted maternal nutrition alters myogenic regulatory factor expression in satellite cells of ovine offspring, <i>Animal</i> , 2016. DOI: 10.1017/S1751731116000070	O fornecimento de 50% dos requerimentos de manutenção da matriz durante a gestação reduziu a expressão de fatores de regulação miogênica em células satélites isoladas do tecido muscular esquelético dos fetos
Reed, S. et al. Poor maternal nutrition inhibits muscle development in ovine offspring. <i>Journal of Animal Science and Biotechnology</i> , 2014. DOI: 10.1186/2049-1891-5-43	O fornecimento de 60% ou de 140% dos requerimentos de manutenção da matriz durante a gestação prejudicou o crescimento muscular esquelético da progênie
Duarte, MS. et al. Maternal overnutrition enhances mRNA expression of adipogenic markers and collagen deposition in skeletal muscle of beef cattle fetuses, <i>Journal of Animal Science</i> , 2014. DOI: 10.2527/jas.2014-7568	O fornecimento de 140% dos requerimentos de manutenção para matrizes durante a gestação não alterou o desenvolvimento muscular esquelético fetal. Contudo, aumento a expressão de marcadores de adipogênese e o conteúdo de colágeno intramuscular fetal.
Peñagaricano, F. et al. Maternal nutrition induces gene expression changes in fetal muscle development and adipose tissues in sheep, <i>BMC Genomics</i> , 2014. DOI: 10.1186/1471-2164-15-1034	O fornecimento de dietas para matrizes contendo diferentes níveis de proteína bruta durante o terço médio - final da gestação causou alterações na expressão de genes envolvidos com o desenvolvimento do tecido muscular esquelético e adiposo fetal.
Yan et al. Maternal obesity downregulates microRNA let-7g expression, a possible mechanism for enhanced adipogenesis during ovine fetal skeletal muscle development, <i>International Journal of Obesity</i> , 2013. DOI: 10.1038/ijo.2012.69	O fornecimento de 150% dos requerimentos nutricionais para matrizes durante a gestação alterou a expressão de microRNA's ocasionando o favorecimento de deposição de gordura intramuscular na progênie.
Huang, Y. et al. Maternal obesity enhances collagen accumulation and cross-linking in skeletal muscle of ovine offspring, <i>PLoS One</i> , 2012. DOI: 10.1371/journal.pone.0031691	O fornecimento de 150% dos requerimentos nutricionais para matrizes durante a gestação ocasionou maior deposição de colágeno intramuscular bem como a quantidade de ligações cruzadas presentes na molécula de colágeno.
Yan, X. Maternal obesity-impaired insulin signaling in sheep and induced lipid accumulation and fibrosis in skeletal muscle of offspring, <i>Biology of Reproduction</i> , 2011. DOI:10.1095/biolreprod.110.089649	O fornecimento de 150% dos requerimentos de energia para matrizes por dois meses antes da gestação até o desmame da progênie atenuou a via de sinalização de insulina no tecido muscular esquelético além de aumentar a fibrogênese e a deposição de gordura intramuscular.

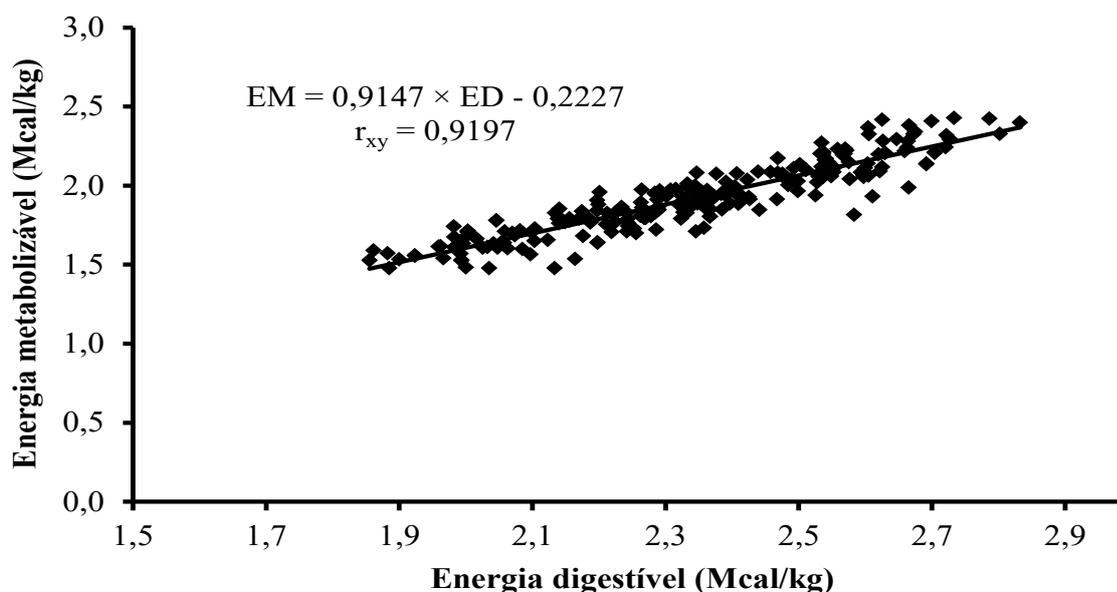


Figura 11.4 - Relação entre energia metabolizável e energia digestível em vacas zebuínas adultas (Gionbelli et al., dados não publicados).

Exigências dietéticas de proteína para vacas gestantes e não gestantes

As exigências totais de proteína metabolizável (PM_{total} , g/dia) para vacas zebuínas adultas, gestantes e não gestantes, são representadas pela soma das exigências para manutenção, ganho de tecidos maternos e para gestação, conforme segue:

Vacas vazias:

$$PM_{total} = PM_m + PM_g \quad \text{Eq. 11.24}$$

Vacas gestantes:

$$PM_{total} = PM_m + PM_g + PM_{gest} \quad \text{Eq. 11.25}$$

em que PM_m = exigência de proteína metabolizável para manutenção (g/dia), PM_g = exigência de proteína metabolizável para ganho de tecidos maternos (g/dia) e PM_{gest} = exigência de proteína metabolizável para gestação (g/dia). Para conversão das exigências totais de proteína metabolizável em exigências dietéticas de proteína degradável no rúmen (PDR), proteína não degradável no rúmen (PNDR) e proteína bruta total (PB), os mesmos procedimentos descritos para animais em crescimento e terminação são utilizados (Capítulo 9). Nesse sentido, as exigências de proteína bruta são representadas pela soma das exigências de PDR e PNDR.

Nessa edição do BR-CORTE, as exigências dietéticas de PDR são consideradas iguais à produção diária de proteína bruta microbiana

(PBmic), pois as estimativas de N que retornam ao rúmen através da reciclagem de N compensam quantitativamente a ineficiência de conversão da proteína degradável no rúmen em PBmic, estimada em 10% nas edições anteriores do BR-CORTE. Assim, tem-se que: $PDR = PBmic$. A produção diária de PBmic é estimada pela equação abaixo (apresentada no Capítulo 3 dessa edição do BR-CORTE):

$$PBmic = -53,07 + 304,9 \times CPB + 90,8 \times CNDT - 3,13 \times CNDT^2$$

Eq. 11.26

em que: CPB = consumo de proteína bruta (kg/dia) e CNDT = consumo de NDT (kg/dia). Nessa equação, o CNDT deve ser a exigência dietética de NDT em (kg/dia) calculada conforme descrito no item anterior. Uma vez que no cálculo das exigências de PB, o CPB ainda não é conhecido, sugere-se o uso de um valor inicial com base no CNDT e na relação média entre NDT e PB nas dietas de vacas vazias e gestantes. Dessa forma, para vacas vazias sugere-se um valor inicial de CPB (kg/dia) como sendo $0,15 \times CNDT$ (kg/dia) e para vacas gestantes CPB (kg/dia) = $0,20 \times CNDT$ (kg/dia).

As exigências dietéticas de PNDR (kg/dia) para vacas zebuínas adultas, vazias e gestantes, podem ser calculadas pela equação abaixo (Capítulo 9):

$$PNDR = \frac{PM_{total} - (PBmic \times 0,64)}{0,80} \quad \text{Eq. 11.27}$$

em que PM_{total} = exigência total de proteína metabolizável (g/dia) e $PBmic$ = produção diária de proteína microbiana (g/dia).

Considerações práticas para exigências nutricionais para gestação

Com base nos modelos utilizados nesse capítulo para estimar as exigências de energia e proteína para gestação, percebe-se que nos primeiros meses de gestação, as quantidades requeridas para suportar o crescimento dos constituintes do útero grávido são pequenas. Quantitativamente, as exigências de energia e proteína metabolizável para gestação passam a representar mais do que 5% das exigências de energia e proteína metabolizável para manutenção a partir de 141 e 131 dias de gestação, respectivamente (considerando uma vaca com 500 kg de PC gestando um bezerro com peso estimado ao nascer de 32 kg). Para facilitar a aplicação prática dos requerimentos para gestação aqui propostos, considera-se importante considerar as exigências para gestação a partir do momento em que passam a representar uma porcentagem significativa da dieta das vacas. Assim sendo, para essa edição do BR-CORTE, considera-se que as

exigências para gestação são significativas do ponto de vista prático a partir de 135 dias gestação (4,5 meses de gestação), quando as exigências de energia e proteína representam, em média, um acréscimo nas exigências para manutenção (4,5% para energia e 5,5% para proteína). Este ponto foi escolhido pois representa o momento pelo qual as exigências de energia ou proteína passam a representar mais do que 5% das exigências para manutenção. Antes dos 135 dias de gestação, as exigências para gestação podem ser consideradas insignificantes e não precisam ser contabilizadas. Dessa forma, consideram-se significativos os requerimentos de energia e proteína para gestação nos últimos 155 dias de gestação (considerando uma gestação de 290 dias em zebuínos).

Outro ponto a ser considerado, diz respeito às variações nas exigências para gestação ao longo da gestação e como devem ser consideradas nos programas nutricionais aplicados às vacas gestantes. Sabe-se, que na prática, é inviável ajustar a dieta de vacas gestantes em curtos períodos de tempo (semanalmente, por exemplo). Dessa forma, é proposto um esquema para atendimento das exigências de gestação do tipo “degraus”, contendo 3 fases, divididas de acordo com as variações nas exigências nutricionais para gestação. Essas 3 fases, chamadas de início, meio e final de gestação, tem durações distintas e são melhor visualizadas na Figura 11.5 e na Tabela 11.6.

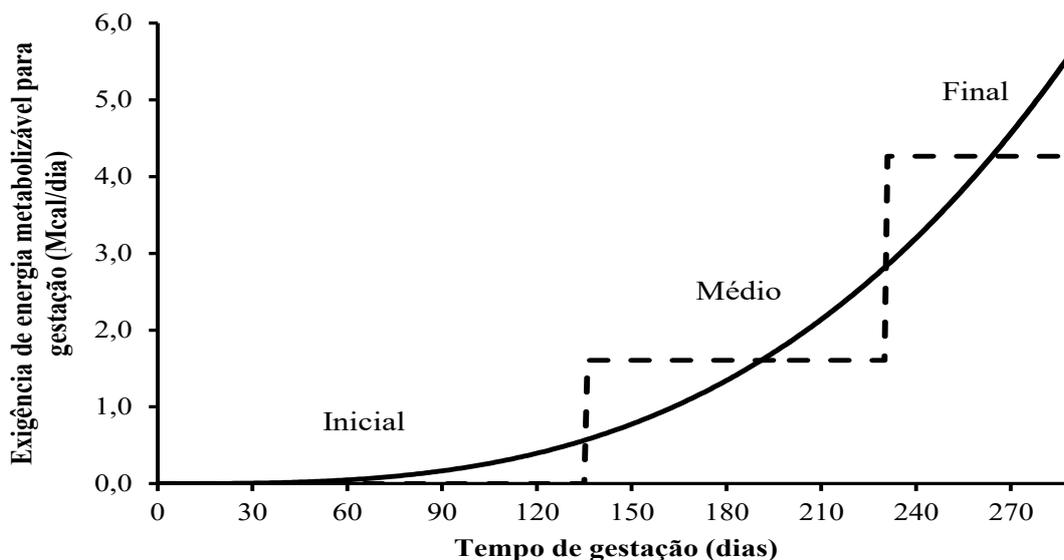


Figura 11.5 - Exigências de energia metabolizável para gestação de uma vaca zebuína adulta (500 kg de PC gestando um bezerro com peso estimado ao nascer de 32 kg) divididas em três períodos de gestação (inicial, médio e final). A linha contínua representa as exigências calculadas diariamente e a linha tracejada representa as exigências médias a serem consideradas em cada período.

Tabela 11.6 - Descrição e duração dos períodos de gestação para aplicação prática das exigências nutricionais para gestação de vacas zebuínas adultas

Período de gestação		Exigências para gestação (equivalências) ¹
Denominação	Duração (dias)	
Inicial	135 (0 ao 135°)	-
Médio	95 (136 ao 230°)	191 dias de gestação
Final	60 (231° ao 290°)	264 dias de gestação

¹Até 135 dias de gestação as exigências para gestação são consideradas não significativas. No período médio de gestação (136 a 230 dias), as exigências médias são equivalentes às exigências de aos 191 dias de gestação. No período final de gestação (231 aos 290 dias), as exigências médias são equivalentes às exigências aos 264 dias de gestação. Ou seja, para calcular as exigências para gestação nos períodos médio e final de gestação, deve-se utilizar respectivamente 191 e 264 dias de gestação nos modelos descritos nesse capítulo.

De acordo com o sistema de produção e a recomendação técnica, um número maior de “degraus” pode ser utilizado na elaboração de programas nutricionais para vacas em gestação. Os degraus apresentados acima são adotados nessa edição do BR-CORTE para elaboração das tabelas de exigências nutricionais para gestação em vacas zebuínas adultas.

As exigências nutricionais de vacas zebuínas ao longo de um ciclo produtivo (intervalo entre dois partos) podem ser mais bem entendidas de acordo com a Tabela 11.7. Isso significa que, no caso de uma vaca com intervalo de partos de 12 meses, desde o parto até a desmama, as exigências nutricionais deverão ser calculadas de acordo com o Capítulo 12 dessa edição do BR-CORTE (Exigências nutricionais

de vacas de corte lactantes e seus bezerros). A partir da desmama, as exigências nutricionais para essa vaca deverão ser calculadas de acordo com as exigências para período médio de gestação, pois com intervalo de partos de 12 meses, a vaca terá emprenhado aos 75 dias de lactação e à desmama estará com 135 dias de gestação. Se o intervalo de partos for de 14 meses, haverá um período (60 dias) do ciclo produtivo em que a vaca estará não lactante e em período inicial de gestação, quando as exigências para gestação são não significativas. Nesse caso, durante esse período, as exigências totais de tal vaca deverão ser calculadas como exigências para manutenção + exigências para ganho de tecidos maternos, conforme descrito nesse capítulo.

Tabela 11.7 - Como calcular as exigências nutricionais para vacas zebuínas de acordo com a fase do ciclo produtivo quando o intervalo de partos é de 12, 14, 16 ou 18 meses

Intervalo de partos, meses (dias)	Fase do ciclo produtivo (duração e justificativa)			
	Lactação	Não lactante, vazia ou em período inicial de gestação	Período médio de gestação	Período final de gestação
12 (365)	210 dias (parto até desmama)	0 dias, pois terá concebido aos 75 dias de lactação e ao desmame estará com 135 dias de gestação	95 dias (136 ao 230° dia de gestação)	60 dias (231° dia de gestação até o parto)
14 (425)	210 dias (parto até desmama)	60 dias, pois terá concebido aos 135 dias de lactação e estará com 75 dias de gestação à desmama	95 dias (136 ao 230° dia de gestação)	60 dias (231° dia de gestação até o parto)
16 (485)	210 dias (parto até desmama)	120 dias, pois terá concebido aos 195 dias de lactação e estará com 15 dias de gestação à desmama	95 dias (136 ao 230° dia de gestação)	60 dias (231° dia de gestação até o parto)
18 (545)	210 dias (parto até desmama)	180 dias, pois terá concebido 45 dias após a desmama	95 dias (136 ao 230° dia de gestação)	60 dias (231° dia de gestação até o parto)
Como calcular as exigências nutricionais?	Exigências para vacas lactantes (Capítulo 12)	Exigências para vacas vazias (manutenção + ganho de tecidos maternos)	Exigências para vacas em período médio de gestação (manutenção + ganho de tecidos maternos + exigências de 191 dias de gestação)	Exigências para vacas em período final de gestação (manutenção + ganho de tecidos maternos + exigências de 264 dias de gestação)

Com base na Tabela 11.7 a duração do período em que as exigências de uma vaca deverão ser calculadas para vaca não lactante, vazia ou em período inicial de gestação (manutenção + ganho de tecidos maternos) pode ser calculado com base no intervalo entre parto e a concepção e na duração da lactação (idade à desmama adotado para o rebanho), como sendo:

$$PX = 135 + IPC - LACT \quad \text{Eq. 11.28}$$

em que PX = duração do período (dias) em que as exigências da vaca deverão ser consideradas iguais às exigências de manutenção + ganho de tecidos maternos (não lactante e vazia ou com exigências para gestação não significativas), IPC = intervalo entre parto e concepção ou período de serviço (dias) e LACT = duração da lactação (dias).

Tomando-se como base a Equação 11.28, uma vaca que emprenhar com 100 dias após o parto (IPC = 100), num sistema de produção com idade de bezerros à desmama de 7 meses (LACT = 210), terá um PX de 25 dias (PX = 135 + 100 - 210). Já uma vaca que emprenhar com 80 dias após o parto (IPC = 80), num sistema de produção que adota desmama precoce aos 3 meses de idade do bezerro (LACT = 90), terá um PX de 125 dias (PX = 135 + 80 - 90). Assim, no

caso desse último exemplo, após a desmama, a vaca deverá receber dieta que atenda suas exigências de manutenção + ganho de tecidos maternos por um período de 125 dias após a desmama, quando então deverá passar a receber uma dieta que atenda as exigências de manutenção, ganhos de tecidos maternos e exigências para período médio de gestação.

Exigências de minerais para vacas gestantes e não gestantes

Para esta edição do BR-CORTE ainda não estão disponíveis dados de exigências de minerais para gestação em vacas zebuínas adultas. Dessa forma, sugere-se a adoção das estimativas de exigências de minerais para a manutenção de fêmeas zebuínas de corte apresentadas no Capítulo 10 dessa edição do BR-CORTE. Para vacas gestantes, sugere-se um acréscimo de 20% nas exigências de minerais para manutenção para os períodos médio e final de gestação. Assim, as exigências de minerais para vacas zebuínas vazias e gestantes podem ser calculadas de acordo com a Tabela 11.8.

Tabela 11.8 - Sugestão de cálculo para exigências nutricionais de minerais para vacas adultas zebuínas vazias e gestantes

Categoria	Exigências de minerais
Vacas vazias e até 135 dias de gestação	Mantença
Período médio de gestação (136 a 230 dias de gestação)	Mantença × 1,2
Período final de gestação (231 dias de gestação até o parto)	Mantença × 1,2

REFERÊNCIAS

- ABIEC. *Estatísticas: balanço da pecuária. Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carnes*. Available at:
- AFRC. *Energy and Protein Requirements of Ruminants*. Wallingford, UK: Agricultural and Food Research Council. CAB International, 159p. 1993.
- ANUALPEC. *Anuário da Pecuária Brasileira*. FNP, 2015.
- ARC. *The Nutrient Requirements of Ruminant Livestock*. London, UK: Agricultural Research Council. The Gresham Press, 351p, 1980.
- Bargeloh, J. F.; Hibbs, J. W.; Conrad, H. R. Effect of prepartal hormone administration on feed intake and mineral metabolism of cows. *Journal of dairy science*, v. 58, n.11, p.1701-1707, 1975.
- Barry, T. N. and Manley, T. R. Glucose and protein metabolism during late pregnancy in triplet-bearing ewes given fresh forages. 1. Voluntary intake and birth weight. *British Journal of Nutrition* 54: 521–534, 1986.
- Baruselli, P.; Sales, J.; Sala, R.; Vieira, L. History, evolution and perspectives of timed artificial insemination programs in Brazil. *Animal Reproduction*, 9:139-152, 2012.
- Battaglia, F. C.; Meschia, G. Fetal nutrition. *Annual Review of Nutrition*, 8:43-61, 1988.
- Bauman, D. E. Regulation of nutrient partitioning during lactation: homeostasis and homeorhesis revisited. In: CRONJÉ, P.B.(Ed). *Ruminant Physiology: Digestion, Metabolism, Growth and Reproduction*. New York: CABI Publishing, 311-328, 2000.
- Bauman, D.E., and W.B Currie. Partitioning of nutrients during pregnancy and lactation: a review of mechanisms involving homeostasis and homeorhesis. *Journal Dairy Science*. 63, 1514-1529, 1980.
- Bell, A. W.; Ehrhardt, R. A. Placental regulation of nutrient partitioning during pregnancy. In: Hansel, W.; Bray, G. A.; Ryan, D. H.(Ed). *Nutrition and Reproduction*. Baton Rouge: Louisiana State University Press, 229-254, 1998.
- Bell, A. W.; Burhans, W. S.; Overton, T. R. Protein nutrition in late pregnancy, maternal protein reserves and lactation performance in dairy cows. *Proceedings of the Nutrition Society*, 59:119-126, 2000.
- Bell, A. W.; Ehrhardt, R. A. Regulation of macronutrient partitioning between maternal and conceptus tissues in the pregnant ruminant. In: Cronjé, J. S.(Ed). *Ruminant Physiology: Digestion, Metabolism, Growth and Reproduction*. New York: CAB International, 275-293, 2000.
- Bell, A. W.; Ferrell, C. L.; Freetly, H. C. Pregnancy and Fetal Metabolism. In: Dijkstra, J.; Forbes, J.M.; France, J.(Ed). *Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism*. 2.ed. Oxfordshire: CAB International, 523-550, 2005.
- BR-CORTE. Valadares Filho, S. C.; Costa e Silva, L. F.; Gionbelli, M. P.; Rotta, P. P.; Marcondes, M. I.; Chizzotti, M. L. *Nutrient Requirements of Zebu Beef Cattle – BR-CORTE*, 3 ed. – Viçosa: UFV, DZO. 193 p. 2016.
- Brody, S. *Bioenergetics and growth*. NY:Reinhold, 1023p, 1946.
- Cano, J. G. The INRA systems of nutritional requirements of cattle. In: Simpósio Internacional Sobre Exigências Nutricionais De Ruminantes, 1. 1995, Viçosa, MG. *Anais...* Viçosa, MG:JARD, 1995.
- Chiavegato, M. B.; Rowntree, J. E.; Carmichael, D.; Powers, W. J. Enteric methane from lactating beef cows managed with high- and low-input grazing systems. *Journal of Animal Science*, 93:1365-1375, 2015.
- Coffey, K. P.; Paterson, J. A.; Saul, C. S.; Coffey, L. S.; Turner, K. E.; Bowman, J. G. The Influence of Pregnancy and Source of Supplemental Protein on Intake, 136 Digestive Kinetics and Amino Acid Absorption by Ewes. *Journal Animal Science*, 67: 1805- 1814, 1989.
- Coppock, C. E.; C. H. Noller and S. A. Wolfe. Effect of energy-concentrate ratio in complete feeds fed ad libitum on energy intake in relation to requirements by dairy cows. *Journal Dairy Science*, 57:1371-1380, 1974.
- CSIRO. *Nutrient Requirements of Domesticated Ruminants*. Collingwood, VIC:Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization, 270p. 2007.
- Duarte, M. S.; Gionbelli, M. P.; Paulino, P. V. R.; Serão, N. V. L.; Nascimento, C. S.; Botelho, M. E.; Martins, T. S.; Filho, S. C. V.; Dodson, M. V.; Guimarães, S. E. F.; Du, M. Maternal overnutrition enhances mRNA expression of adipogenic markers and collagen deposition in skeletal muscle of beef cattle fetuses. *Journal of Animal Science*, 92:3846-3854, 2014.

- Ferrell, C. L.; Garrett, W. N.; Hinman, N. Growth, development and composition of the udder and gravid uterus of beef heifers during pregnancy. *Journal of Animal Science*, 42:1477-1489, 1976a.
- Ferrell, C. L.; Garrett, W. N.; Hinman, N. Estimation of Body Composition in Pregnant and Non-Pregnant Heifers. *Journal of Animal Science*, 42:1158-1166, 1976b.
- Ferrell, C. L.; Garrett, W. N.; Hinman, N.; Grichting, G. Energy Utilization by Pregnant and Non-Pregnant Heifers. *Journal of Animal Science*, 42:937-950, 1976c.
- Ferrell, C. L.; Jenkins, T. G. Relationships among various body components of mature cows. *Journal of Animal Science*, 58:222-233, 1984a.
- Ferrell, C. L.; Jenkins, T. G. Energy utilization by mature, nonpregnant, nonlactating cows of different types. *Journal of Animal Science*, 58:234-243, 1984b.
- Fisher, L. J.; Lessard, J. R. Intake and digestibility of corn, rye and sorghum-sudan grass silages by lactating cows. *Canadian Journal Animal Science*, 67: 1027-1032, 1987.
- Forbes, J. M. *A model of the short-term control of feeding in the ruminant: effects of changing animal or feed characteristics*. Appetite, 1: 21-41, 1980.
- Forbes, J. M. The effect of pregnancy and fatness on the volume of rumen contents in the ewe. *The Journal of Agricultural Science* 72: 119-121, 1969.
- Forbes, J. M. The physical relationships of the abdominal organs in the pregnant ewe. *The Journal of Agricultural Science* 70: 171-177, 1968.
- Forbes, J. M. Integration of regulatory signals controlling forage intake in ruminants. *Journal of Animal Science*, 74:3029-3035, 1996.
- Forbes, J. M. *Voluntary Food Intake and Diet Selection in Farm Animals*. 2nd.ed. Wallingford, UK:CABI Publishing, 2007. p.
- Freetly, H. C.; Ferrell, C. L. Net flux of glucose, lactate, volatile fatty acids, and nitrogen metabolites across the portal-drained viscera and liver of pregnant ewes. *Journal of Animal Science*, 76:3133-3145, 1998.
- Freetly, H. C.; Ferrell, C. L. Net flux of nonesterified fatty acids, cholesterol, triacylglycerol, and glycerol across the portal-drained viscera and liver of pregnant ewes. *Journal of Animal Science*, 78:1380-1388, 2000.
- Friggens, N. C.; Emmans, G. C.; Kyriazakis, I.; Oldham, J. D.; Lewis, M. Feed intake relative to stage of lactation for dairy cows consuming total mixed diets with a high or low ration of concentrate to forage. *Journal Dairy Science*, 81:2228-2239, 1998.
- Gagliostro, G. A.; Chilliard, Y.; Davicco, M.J. Duodenal Rapeseed Oil Infusion in Early and Midlactation Cows. 3. Plasma Hormones and Mammary Apparent Uptake of Metabolites, *Journal of Dairy Science*, 74, 1893-1903, 1991.
- Galyean, M. L.; Cole, N. A.; Tedeschi, L. O.; Branine, M. E. Board-invited review: Efficiency of converting digestible energy to metabolizable energy and reevaluation of the California Net Energy System maintenance requirements and equations for predicting dietary net energy values for beef cattle. *Journal of Animal Science*, 94:1329-1341, 2016.
- Gionbelli, M. P. *Nutrient requirements and quantitative aspects of growth, development and digestion of pregnant and non-pregnant nellore cows*. PhD Thesis (PhD in Animal Science) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2013. 198p. 2013.
- Gionbelli, M. P.; Duarte, M. S.; Valadares Filho, S. C.; Freetly, H. C.; Paulino, P. V. R.; Rodrigues, F. C.; Silva, B. C.; Santos, T. R.; Sathler, D. F. T.; Machado, M. G.; Marcondes, M. I. Development of gravid uterus components in function of days of gestation and feeding level in pregnant Nellore cows. *Journal of Animal Science*, 91:320-321 (abstract W285), 2013.
- Gionbelli, M. P.; Duarte, M. S.; Valadares Filho, S. C.; Detmann, E.; Silva, B. C.; Sathler, D. F. T.; Gionbelli, T. R. S.; Villadiego, F. A. C.; Silva, L. H. P. Effect of pregnancy and feeding level on voluntary intake, digestion and microbial N production in Nellore cows. *Journal of Animal Science*, 92, 2014.
- Gionbelli, M. P.; Duarte, M. S.; Valadares Filho, S. C.; Detmann, E.; Chizzotti, M. L.; Rodrigues, F. C.; Zanetti, D.; Gionbelli, T. R. S.; Machado, M. G. Achieving Body Weight Adjustments for Feeding Status and Pregnant or Non-Pregnant Condition in Beef Cows. *PLoS One*, 9, n.12, p.e115724, 2015a.

- Gionbelli, M. P.; Duarte, M. S.; Valadares Filho, S. C.; Detmann, E.; Gionbelli, T. R. S.; Zanetti, D.; Silva, L. H. P. Energy requirements for pregnant and nonpregnant Nelore cows. *Journal of Animal Science*, 93:547, 2015b.
- Gionbelli, M. P.; Duarte, M. S.; Valadares Filho, S. C.; Ladeira, M. M.; Gionbelli, T. R. S. Recent advances in beef cows nutrition according to the physiological stage. In: Ladeira, M. M.; Gionbelli, M. P.; Teixeira, P. D., et al.(Ed). *IX SIMPEC - 4th International Symposium of Beef Cattle Production*.ed. Lavras, MG, Brazil: Suprema Gráfica e Editora, 15-36, 2015c.
- Gunter, S. A.; Judkins, M. B.; Krysl, L. J.; Broesder, J. T.; Barton, R. K.; Rueda, B. R.; Hallford, D. M.; Holcombe, D. W. Digesta kinetics, ruminal fermentation characteristics and serum metabolites of pregnant and lactating ewes fed chopped alfalfa hay. *Journal Animal Science*, 68: 3821-3831, 1990.
- Hammond, J. Animal breeding in relation to nutrition and environmental conditions. *Biological Reviews*, 22:195-213, 1947.
- Ingvarsten, K. L.; Andersen, B. B. Integration of metabolism and intake regulation: A review focusing on periparturient animals. *Journal of Dairy Science*, 83:1573-1597, 2000.
- Ingvarsten, K. L.; Andersen, H. R.; Foldager, J. Effect of sex and pregnancy on feed intake capacity of growing cattle. *Acta Agriculture Scandinavia*, 42: 40-46, 1992.
- INRA. *Alimentation des bovins, ovins et caprins. Besoins des animaux. Valeurs des aliments*. Versailles, France:Editions Quae, 307p. 2007.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. 2015. Indicadores IBGE : Estatística da Produção pecuária. 2015.
- Jank, L.; Barrios, S. C.; Do Valle, C. B.; Simeao, R. M.; Alves, G. F. The value of improved pastures to Brazilian beef production. *Crop & Pasture Science*, 65:1132-1137, 2014.
- Kaske, M.; Groth, A. Changes in factors affecting the rate of digesta passage during pregnancy and lactation in sheep fed on hay. *Reprod. Nutr. Dev.*, 37: 573- 588, 1997.
- Lagerlof, Nils Petrus. *Investigations of the Topography of Abdominal Organs in Cattle: And Some Clinical Observations and Remarks in Connection with the Subject*. Almqvist & Wiksells, 1929.
- Lamberth, J. The effect of pregnancy in heifers on voluntary intake, total rumen contents, digestibility and rate of passage. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 9: 493-496, 1969.
- Mamontov, E. Modelling homeorhesis by ordinary differential equations. *Mathematical and Computer Modelling*, 45:694-707, 2007.
- Meschia, G.; Battaglia, F. C.; Hay, W. W. et al. *Utilization of substrates by the ovine placenta in vivo*. Federation Proceedings, 39, 245–249, 1980.
- McNeill, D. M.; Slepatis, R.; Ehrhardt, R. A.; Smith, D. M.; Bell, A. W. Protein requirements of sheep in late pregnancy: partitioning of nitrogen between gravid uterus and maternal tissues. *Journal of Animal Science*, 75:809-816, 1997.
- Muhlhausler, B. S.; Duffield, J. A.; Mcmillen, I. C. Increased maternal nutrition stimulates peroxisome proliferator activated receptor-gamma, adiponectin, and leptin messenger ribonucleic acid expression in adipose tissue before birth. *Endocrinology*, 148:878-885, 2007.
- NASEM-National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine, 2016. *Nutrient Requirements of Beef Cattle: Eighth Revised Edition*. Washington, DC: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/19014>.
- NRC. *Nutrient Requirements of Beef Cattle*. updated 7th.ed. Washington, DC, USA:National Academy Press, 242p. 2000.
- Prior, R. L.; Laster, D. B. Development of the bovine fetus. *Journal of Animal Science*, 48:1546-1553, 1979.
- Psiuk-Maksymowicz, K.; Mamontov, E. Homeorhesis-based modelling and fast numerical analysis for oncogenic hyperplasia under radiotherapy. *Mathematical and Computer Modelling*, 47:580-596, 2008.
- Ritchie, R. W. The optimum cow – what criteria must she meet? .In:Research symposium and annual meeting, 27, 1995, Kansas City. Anais. Kansas City:Beef Improvement Federation, p.126-145. 1995.
- Robinson, P. H., S. Tamminga, and A. M. Van Vuuren. "Influence of declining level of feed intake and varying the proportion of starch in the concentrate on rumen ingesta quantity, composition and kinetics of ingesta turnover in dairy cows. *Livestock Production Science* 17 (1987): 37-62.
- Russell, R. G.; Oteruelo, F. T. An ultrastructural study of the differentiation of skeletal muscle in the bovine fetus. *Anat Embryol (Berl)*, 162:403-417, 1981.

- Vasconcelos, J. L. M.; Meneghetti, M. Sincronização de ovulação como estratégia para aumentar a eficiência reprodutiva de fêmeas bovinas, em larga escala. *Simpósio de Produção de Gado de Corte*, v.1, p.529-541, 2006.
- Wu, G.; Bazer, F. W.; Wallace, J. M.; Spencer, T. E. Board-invited review: Intrauterine growth retardation: Implications for the animal sciences. *Journal of Animal Science*, 84:2316, 2006.
- Zhu, M. J.; Ford, S. P.; Means, W. J.; Hess, B. W.; Nathanielsz, P. W.; Du, M. Maternal nutrient restriction affects properties of skeletal muscle in offspring. *The Journal of Physiology*, 575:241-250, 2006.
- Zhu, M. J.; Han, B.; Tong, J.; Ma, C.; Kimzey, J. M.; Underwood, K. R.; Xiao, Y.; Hess, B. W.; Ford, S. P.; Nathanielsz, P. W.; Du, M. AMP-activated protein kinase signalling pathways are down regulated and skeletal muscle development impaired in fetuses of obese, over-nourished sheep. *J Physiol*, 586:2651-2664, 2008.

