

## Regulação e predição de consumo de matéria seca

*José Augusto Gomes Azevêdo, Sebastião de Campos Valadares Filho, Guilherme Lobato Menezes, Luiz Fernando Costa e Silva, Lígia Lins Souza, Polyana Pizzi Rotta, Luciana Navajas Rennó, Mario Fonseca Paulino, Ivanor Nunes do Prado, Robério Rodrigues Silva, Gleidson Giordano Pinto de Carvalho, Ériton Egídio Lisboa Valente, Maria Izabel Batista Pereira, Ricardo Andrade Reis*

### INTRODUÇÃO

O consumo de matéria seca (CMS) é a variável mais importante que afeta o desempenho animal (Waldo e Jorgensen, 1981), pois garante ao organismo, nutrientes adequados e substratos energéticos para as reações bioquímicas que contribuem nas oscilações do metabolismo celular, especialmente em bovinos para produção de carne, tendo em vista a importância econômica e o complexo sistema digestivo com suas funções metabólicas peculiares (Forbes, 2007).

Em bovinos para produção de carne, variações no consumo de alimentos ocorrem durante seu ciclo de crescimento para manter um equilíbrio dinâmico do meio interno frente aos constantes desafios apresentados pelas necessidades metabólicas e ambientais.

Limitações no consumo de alimentos podem impedir que as exigências nutricionais sejam supridas. Como a maioria dos nutrientes da dieta de bovinos de corte é utilizada para suprir as exigências de manutenção, pequena alteração no consumo de alimentos pode ocasionar limitações na eficiência dos processos produtivos, e conseqüentemente, a taxa de crescimento irá diminuir. Com isso, o potencial genético para ganho de peso não será alcançado e a lucratividade da atividade pecuária estará comprometida. Além disso, poderão surgir problemas associados com estresse alimentar, sanidade e distúrbios digestivos.

### REGULAÇÃO DO CONSUMO DE ALIMENTOS POR BOVINOS

#### *Fatores neuro-hormonais*

O cérebro é o órgão que coordena o comportamento alimentar. Segundo Konturek et al. (2005), há indicação de que o núcleo do trato solitário (NTS), no tronco cerebral, serve como porta de entrada para sinais neurais

vindos do trato gastrointestinal até o centro regulador de consumo no hipotálamo. Estes autores, também sugerem que o corpo amigdaloide, a córtex pré-frontal, bem como a área postrema (zona de disparo quimiorreceptora ou "centro do vômito") têm sido responsáveis por distúrbios alimentares e armazenamento ou conservação inadequada de energia. Além disso, tanto o núcleo arqueado (ARC) como o núcleo paraventricular (PVN) são importantes centros no controle da ingestão de alimentos, pois são os locais onde vários hormônios liberados a partir do trato gastrointestinal e tecido adiposo convergem para regular o consumo alimentar e o gasto energético (Crespo et al., 2014).

Hetherington e Ranson (1940) e Anand e Brobeck (1951) foram os primeiros a propor o modelo constituído do centro da fome no hipotálamo lateral (LHA) e da saciedade na região ventromedial hipotalâmica. No hipotálamo, a sua área lateral possui neurônios que induzem o animal a iniciar um novo ciclo de alimentação, enquanto estímulos na sua área ventromedial induzem à saciedade (Mayer e Thomas, 1967). Há indícios de que a região do hipotálamo lateral, conhecida como "centro da fome", estaria sempre apta para induzir a fome, isto é, esta região seria cronicamente ativa, e sua atividade estaria transitoriamente inibida pelo "centro da saciedade", no hipotálamo ventromedial (Konturek et al., 2005). Assim, o consumo de alimentos seria estimulado por ausências de sinais de saciedade (Allen et al., 2005).

Acredita-se que ao invés de cada núcleo hipotalâmico atuar sobre o controle da homeostase energética, estes atuam de forma sistêmica, onde os sinais entre os mesmos são transmitidos por neuropeptídios específicos. O ARC desempenha papel importante na integração dos sinais que regulam o consumo (Stanley et al., 2005).

Uma série de sistemas complexos mantém a homeostase energética a fim de manter o peso corporal e disponibilizar energia suficiente para todos os processos metabólicos (Dietrich e Horvath, 2009). Segundo Ketelaars e Tolkamp (1996) o consumo gera benefícios e custos ao animal, em que os benefícios estão relacionados a energia para manutenção e ganho, enquanto, o custo está relacionado ao consumo de oxigênio que gera radicais livres, responsáveis pelo envelhecimento. Esses autores afirmaram que a regulação de consumo se deve ao efeito na economia de oxigênio. Já Forbes e Provenza (2000), relataram que os animais regulam o seu consumo diário de maneira que não proporcione um desconforto metabólico ou físico.

Após o consumo de alimentos, os sinais dos receptores localizados na faringe e nas vias orogástricas são encaminhados para o sistema nervoso central (SNC), no tronco cerebral. Posteriormente, mecanismos de distensão gástrica, estimulação química de receptores na mucosa gastrointestinal e vários hormônios são liberados a partir da mucosa gastrointestinal (Konturek et al., 2005). Adicionalmente, na parede da região anterior dorsal do rúmen-retículo existem receptores capazes de enviar informações, via fibras aferentes, projetadas para os centros de controle do consumo alimentar no NTS (Leek, 1986).

Desta forma, o SNC recebe (através do NTS) inúmeros impulsos neurais e de hormônios de órgãos periféricos, especialmente a partir da mucosa do trato gastrointestinal, do tecido adiposo e do pâncreas, que estão envolvidos no controle alimentar a curto e longo prazos, além de informações sobre o gasto de energia em resposta às constantes alterações no balanço energético (Konturek et al., 2005).

Os peptídeos intestinais sinalizam para o hipotálamo através do ARC para mediar estímulos de apetite (+), os quais não são ativados pelos neurônios que secretam neuropeptídeo Y (NPY) e peptídeo agouti-associado (AgRP), ou efeitos inibidores do apetite (-) através de neurônios que contêm a pró-opiomelanocortina (POMC) precursora do hormônio estimulante de  $\alpha$ -melanócito ( $\alpha$ -MSH) e do peptídeo da produção do transcrito regulado pela cocaína e anfetamina (CART) para o centro da fome no LHA e centro de saciedade no PVN no hipotálamo medial (Currie et al., 2005).

Em um dos trabalhos específicos sobre o centro de controle do consumo em ruminantes, Miner (1992) sugere que o NPY é um neurotransmissor envolvido na regulação do consumo pelo SNC. O NPY / AgRP e a POMC / CART no núcleo arqueado do hipotálamo têm papéis chaves na regulação do balanço energético. A ativação dos neurônios NPY/AgRP tem um efeito orexigênico, promovendo o consumo de alimentos, enquanto os neurônios POMC/CART têm efeito contrário, ou seja, anorexigênico. POMC é ativado através de modificação pós-transcricional ao  $\alpha$ -MSH. Estes dois circuitos de neurônios recebem sinais de hormônios circulantes.

O resumo do controle neuro-hormonal sobre o controle de alimentos descrito por Bell et al. (2005) sugere que:

- Leptina é secretada pelo tecido adiposo, e seus níveis circulatórios são proporcionais à reserva adiposa do corpo, seus efeitos são exercidos através do receptor da leptina (LEPR), inibindo os neurônios NPY/AgRP e estimulando os neurônios POMC/CART;
- O pâncreas secreta insulina, que tem uma influência anorexigênica sobre o ARC, contudo o aumento dos níveis plasmáticos de insulina é estimulado pelo NPY;
- Grelina, em sua maioria (60%) é produzida pelo estômago, e estimula os neurônios NPY/AgRP através dos receptores que secretam o hormônio do crescimento (GH);
- O peptídeo YY 3-36 (PYY3-36) é secretado no trato gastrointestinal distal, tendo afinidade e se ligando a receptores Y2 (Y2Rs), produzindo efeitos inibitórios nos neurônios NPY/AgRP, portanto, constitui potente sinal anorexigênico periférico;
- Os neurônios NPY/AgRP também têm um efeito inibitório nos neurônios POMC/CART através da liberação de ácido  $\gamma$ -aminobutírico (GABA), os quais podem ser estimulados pela ligação da grelina ao GH;
- Os sinais orexigênicos e anorexigênicos, produzidos pelos neurônios NPY/AgRP e POMC/CART, respectivamente, são então enviados para neurônios efetores de fluxo de segunda ordem, os quais também recebem modificações aferentes de sinais de dopamina, serotonina e endocanabinóides; e
- Estes neurônios efetores expressam receptores que incluem o receptor Y1 (Y1R) e o receptor de melanocortina 4 (MC4R).

Entre os peptídeos anorexígenos, o primeiro reconhecido inibidor da ingestão alimentar foi a colecistocinina (CCK), o produto das células endócrinas I do duodeno-jejuno. A CCK é um hormônio mediador fisiológico da inibição do consumo de alimentos a curto prazo. Ela colabora com os sinais provenientes de mecanorreceptores do trato gastrointestinal gerados pela distensão do trato digestivo, transmitido ao cérebro através do nervo vago aferente (Konturek et al., 2005).

Porém, em ruminantes existe um tempo maior entre o consumo e a chegada dos alimentos ao duodeno, local onde é produzida a CCK. Assim, CCK é menos importante nestes animais do que em animais que apresentam estômago simples. No entanto, observou-se aumento das concentrações plasmáticas de CCK em vacas 3 horas após a alimentação (Choi e Palmquist, 1996), indicando que a CCK também tem alguma função no controle do consumo alimentar em ruminantes.

Todos estes moduladores estão interagindo e juntos estabelecem um balanço total entre consumo de alimentos e o gasto energético e dessa forma provocam estímulos ao animal de começar ou não um novo ciclo alimentar.

### ***Fatores psicogênicos***

A regulação psicogênica sobre o consumo de alimentos, como percepção e aprendizagem, envolve o comportamento animal em resposta a fatores inibidores ou estimuladores no alimento, ou no manejo alimentar, que não estão relacionados ao valor energético do alimento, nem ao efeito de enchimento. Os fatores psicogênicos que alteram o consumo de alimentos consistem em sabor, odor e textura do alimento; visão; estado emocional; interações sociais e aprendizagem animal, sendo que a de maior impacto na modulação psicogênica da ingestão de alimentos é a palatabilidade (Mertens, 1994).

### ***Fatores relacionados ao animal***

#### ***a) Peso corporal***

O peso corporal (PC) é um fator determinante no CMS de bovinos. Galyean e Hubbert (1992) observaram que o PC inicial representou 59,8% da variação do CMS em

dietas com concentrações de ELM que variaram de 1 a 2,4 Mcal / kg MS. Em uma ampla discussão sobre modelos de predição de CMS, Pittroff e Kothmann (2001) avaliaram 12 diferentes equações e independente do grau de complexidade e sofisticação matemática das mesmas, 10 dessas consideram o peso corporal, denotando a grande importância da inclusão dessa variável nas equações de predição do CMS.

#### ***b) Grupo genético***

Segundo o NRC (1987), a seleção genética para desempenho produziu animais com maior potencial de CMS e sugeriu que fatores de ajuste na predição do CMS sejam realizados. Allen (1992) afirmou que raças continentais podem consumir 10% a mais do que as raças britânicas e, com base nesta informação, o AFRC (1993) propôs fatores de ajuste na predição de CMS para várias raças puras.

O NRC (2000), no seu modelo de predição de CMS, adotou os ajustes para raça propostos por Fox et al. (1988). Eles propuseram que a predição de CMS deve ser aumentada em 8% para raça Holandesa e 4% para animais cruzados das raças Holandesa e britânicas. O NRC (2000) não sugere alteração no CMS para raças zebuínas.

#### ***c) Composição corporal***

A composição corporal dos bovinos em confinamento não é constante e muda ao longo do tempo de confinamento e com aumento no PC. A composição corporal, especificamente a percentagem de gordura corporal, parece ser o principal componente a afetar o CMS (NRC, 1987). Segundo Grant e Helferich (1991), isto se deve à desaceleração do crescimento muscular e ao desenvolvimento mais rápido do tecido adiposo, com a elevação do PC. Fox et al. (1988) sugeriram alteração no CMS, quando os bovinos apresentam percentual de gordura do corpo vazio superior a 21,3%. Jorge et al. (1997) observaram maior percentual de gordura corporal (24,41%) para animais Nelore em relação à cruzados de corte (21,62%) e cruzados leiteiros (19,50%). Fox et al. (1988) sugeriram redução de 3, 10, 18 e 27% no CMS, quando o percentual de gordura

do corpo vazio estiver, respectivamente, com 23,8; 26,5; 29,0 e 31,5%.

#### **d) Classe sexual**

Marcondes et al. (2008), Vêras et al. (2008) e Lage et al. (2012) não verificaram influência das classes sexuais: fêmeas, machos castrados e machos não castrados para o CMS, porém Paulino et al. (2008) observaram que o CMS foi 9,3% superior nas fêmeas, em relação aos machos não castrados, sendo que o CMS de machos castrados não diferiu de ambos. Segundo os autores, o maior consumo das fêmeas ocorreu por serem jovens.

Em novilhas, o NASEM (2016) sugeriu que a predição de CMS deveria ser diminuída em 10% para fêmeas com condição corporal média. A explicação para redução no CMS é porque as novilhas atingem maturidade fisiológica antes dos machos (NRC, 2000), e assim poderá ter maior acúmulo de gordura corporal antes dos machos. Como a gordura exerce influência indireta no CMS, pela secreção de leptina pelos adipócitos, hormônio que tem sido correlacionado às reduções no consumo (Nkrumah et al., 2005), espera-se que a capacidade de CMS das fêmeas diminua com o aumento do PC. Dessa forma, o efeito de classe sexual não pode ser considerado isoladamente, já que a condição corporal ou o percentual de gordura corporal exerce uma influência direta sobre as classes sexuais. Para Huuskonen et al. (2013), a influência da classe sexual sobre o CMS pode ser confundida com outros efeitos experimentais aleatórios.

#### **Fatores ambientais**

O clima do Brasil é diversificado em consequência de fatores variados, como a fisionomia geográfica, a extensão territorial, o relevo e a dinâmica das massas de ar. Este último fator é de suma importância porque atua diretamente tanto na temperatura quanto na pluviosidade, provocando as diferenças climáticas regionais. No entanto, o rebanho bovino do Brasil encontra-se em maior densidade na região tropical, com temperaturas normalmente acima de 25°C, já que a distribuição do rebanho bovino se concentra principalmente nos estados de Mato Grosso, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul e Goiás, os quais juntos representam mais de 40%

(Alvares et al., 2013; Teixeira e Hespanhol, 2015).

Quanto aos fatores ambientais, Fox et al. (1988) sugeriram que em temperaturas variando entre 25 e 35°C, a predição do CMS fosse reduzida em 10% e acima de 35°C reduzida em 35%.

Ingvartsen et al. (1992) avaliaram o efeito do comprimento do dia sobre a capacidade de CMS e observaram que o CMS esperado pode ser 1,5 a 2% maior em dias longos e 1,5 a 2% menor em dias curtos.

#### **Fatores de manejo e dietéticos**

Existe uma relação entre a concentração energética da dieta e o CMS por bovinos para produção de carne, baseado no conceito que em dietas menos digestíveis, ou seja, com baixa energia (alta fibra), o CMS é controlado por fatores conhecidos como enchimento ruminal e impedimento físico da passagem da digesta, enquanto para dietas com alta digestibilidade, alta energia (baixa fibra), o CMS é controlado pela demanda energética do animal e por fatores metabólicos (NRC, 1987).

A forte correlação entre a fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) e a fase de regulação física do consumo se dá principalmente em virtude do alto volume ocupado pela fração da parede celular das forragens (Mertens, 1994), bem como as suas características de baixa densidade e de degradação mais lenta, quando comparada ao conteúdo celular (Van Soest, 1994; NRC, 2001). A distensão no compartimento rúmen-reticular provocada pelo enchimento estimula receptores na camada muscular localizados, principalmente, ao nível de retículo e saco cranial (Allen, 1996; 2000), em que mecanorreceptores são excitados por estímulos mecânicos e químicos e tensorreceptores respondem à distensão em si (Allen, 2000), estimulando o final do período de alimentação.

No entanto, esta abordagem tem sido criticada, porque assume intrinsecamente, que os mecanismos físicos e metabólicos são independentes um do outro. Tal consideração é fisiologicamente improvável, uma vez que, os sinais reguladores funcionam de forma integrada, para criação de sinal positivo ou

negativo sobre a ingestão voluntária de matéria seca (Detmann et al., 2014).

Associam-se ao mecanismo físico, o consumo de FDN ou a sua concentração na dieta (Detmann, 2010), portanto, uma única estimativa do teor de FDN não é suficiente para entender ou prever o consumo voluntário em bovinos (Detmann et al., 2014). Assim, a separação de um total de FDN em FDN indigerida e FDN potencialmente degradável (FDN<sub>pd</sub>) pode melhorar as associações com o consumo voluntário (Huhtanen et al., 2007; Harper e McNeill, 2015). Para condições tropicais, Detmann et al. (2003) sugeriram que a ingestão de FDN acima de 13,53 g/kg PC regularia o consumo por mecanismos físicos, no entanto, Oliveira et al. (2011) relataram que a fonte de forragem deve ser considerada e indicaram valor médio de 13,2 g/kg PC para silagem de milho e 9,4 g/kg PC para cana-de-açúcar e recomendaram a discriminação qualitativa das frações da FDN e lignina para sua utilização eficaz em modelos de predição de CMS.

Para condições tropicais, Detmann et al. (2014) relacionaram o CMS com o teor de matéria orgânica digestível (MOD) e de FDN indigerida e, observaram efeito quadrático:  $CMS (g/kg) = -5,50 + 0,092 \times MOD - 0,00007 \times MOD^2$ , com ponto de máxima de 658 g de MOD/kg de MS e efeito linear decrescente:  $CMS (g/kg) = 27,8 - 0,016 \times FDN \text{ indigerida}$ , respectivamente. Esses autores verificaram que o ponto de equilíbrio entre a regulação física e química de consumo para bovinos de corte ocorreu com CMS de 20,86 g/kg PC, sendo esse valor observado para dietas com teor de MOD de 660 g/kg de MS e de FDN indigerida de 228 g/kg de MS. Isto demonstra que o CMS é simultaneamente regulado por limitações físicas e fisiológicas.

A deficiência de proteína (menor que 7 a 8% PB) é outra característica dietética que pode diminuir o CMS, já que se torna limitante para que os microrganismos ruminais apresentem plena capacidade de utilização dos carboidratos fibrosos da forragem tropical (Lazzarini et al., 2009; Sampaio et al., 2009). Com uma dieta pobre em nitrogênio e rica em fibra oriunda da forragem, o fornecimento de uma suplementação com nitrogênio aumenta o CMS (Galyean e Goetsch, 1993).

Portanto, os fatores que controlam o consumo de alimentos são complexos, verdadeiramente multifatoriais e não existe um consenso de como os ruminantes regulam esta importante atividade (Forbes, 2007).

Neste sentido, todos esses fatores deveriam ser considerados, quando se deseja prever matematicamente o real comportamento biológico do consumo de matéria seca por bovinos para produção de carne em condições tropicais. Contudo, nenhum tipo de equação será aplicável se as condições de alimentação (disponibilidade de alimento, taxa de lotação, espaço no cocho, tempo de acesso ao alimento, frequência de alimentação, etc.) estiverem limitando o consumo (Mertens, 1992).

### ***Adaptação em sistema de confinamento***

A adaptação no confinamento pode influenciar o CMS. Geralmente os animais migram de dietas com alta proporção de volumoso para altas proporções de concentrados após longas viagens com privação de água e alimentos (Loerch e Fluharty, 1999). Os animais, normalmente, saem das pastagens com nenhuma ou baixa suplementação de concentrados e iniciam o confinamento com teores de concentrado, muitas vezes chegando a 90% em menos de 14 dias (Brown et al., 2006; Pereira et al., 2020). Como consequência dessas mudanças, a acidose é apontada como o segundo maior problema de saúde nos animais enfrentado pelos nutricionistas em sistemas confinados nos últimos seis anos (Pinto e Millen, 2018; Silvestre e Millen, 2021). O manejo adequado dessa fase influencia o consumo e o desempenho durante todo o confinamento. Segundo Estevam et al. (2020), um dos fatores determinantes ao protocolo de adaptação é o teor energético das dietas de terminação. Segundo estes autores, os sistemas que usam menor teor energético na dieta podem reduzir os períodos de adaptação sem prejudicar a saúde e o desempenho dos animais.

Tradicionalmente, os bovinos são adaptados ao confinamento com aumento gradual na quantidade de alimento concentrado por períodos de 14 a 21 dias (Bierman e Pritchard, 1996). No Brasil, Silvestre e Millen (2021) indicaram que se usam em média 3 dietas,

com intervalos de 7 dias por dieta, durante o período de adaptação ao confinamento. Estes autores relataram que as dietas múltiplas, com aumento de concentrado em dias definidos, representam 61,1% das dietas de adaptação formuladas durante o confinamento, fornecidas em média por 19 dias. Além disso, eles informaram que a menor parte (39,9%) dos confinamentos utilizam outras opções durante a adaptação, como: dieta única com menos energia do que na fase de terminação por 25 dias; duas dietas por 7 a 8 dias cada; dieta de terminação com restrição alimentar por 40 dias de adaptação; e há ainda aqueles que utilizam dietas múltiplas associadas à restrição de consumo (Silvestre e Millen, 2021). Nesse estudo, a maioria dos nutricionistas sugeriu iniciar a adaptação utilizando 36,5% de volumoso na MS total da dieta.

Outros fatores a serem considerados na fase de adaptação ao confinamento é a quantidade inicial de concentrado na dieta e a quantidade diária de MS. Parra et al. (2019) avaliaram protocolos de adaptação durante 7, 14 e 21 dias. Os animais receberam 55, 65 e 75% de concentrado e foram terminados com dietas com 85% de concentrado, recebendo inicialmente 1,76% do PC para CMS da dieta, com aumentos de 200 a 206 g MS/dia. Estes autores concluíram que o aumento no tempo de adaptação não influenciou o consumo e o desempenho dos animais. Barducci et al. (2019) avaliaram animais adaptados por 9 ou 14 dias. Com 9 dias de adaptação mudavam-se as dietas a cada 3 dias, já com 14 dias, as mudanças entre as dietas ocorriam nos dias 4 e 9. Os animais iniciaram com 55% de concentrado, aumentando 10% de concentrado em cada fase da adaptação até atingir 85% na fase de terminação. A duração da adaptação não influenciou o consumo de matéria seca e o desempenho animal.

### **Manejo de cocho**

O manejo de cocho precisa ser simples e sensível para detectar alterações no consumo da dieta (Schutz et al., 2011), evitar desempenho abaixo do esperado, desperdícios de alimentos e problemas digestivos. No Brasil, os nutricionistas utilizam quatro manejos de cocho, sendo eles: manejo do

cocho limpo, com 1 a 3% de sobras, 3 a 5% de sobras e 5 a 10% de sobras da dieta fornecida (Millen et al., 2009). O manejo de cocho limpo, é baseado no conceito de saciedade e desperdício. Nesse manejo os cochos e o comportamento animal são monitorados diariamente para possibilitar o fornecimento adequado da dieta sem possibilitar sobras, evitando perdas do alimento. O manejo do cocho com 1 a 3% ou de 3 a 5% ou ainda de 5 a 10% de sobras, é normalmente traduzido em escores para facilitar a tomada de decisão sobre o aumento ou redução no fornecimento das dietas. Atualmente, no Brasil, os nutricionistas estão utilizando cada vez menos sobras nos cochos. Estudo realizado por Millen et al. (2009) demonstrou que em 2008, apenas 25,8% dos nutricionistas utilizavam manejo de cocho limpo, enquanto 48,4% utilizavam 1 a 3% de sobras. Em estudo recente, Silvestre e Millen, (2021) demonstraram que 44,44% dos nutricionistas utilizavam manejo de cocho limpo, enquanto 41,67% de 1 a 3% de sobras. Esses resultados demonstram aumento na restrição do fornecimento alimentar, reflexo do aumento no custo das dietas, que demonstram a importância do desenvolvimento de equações precisas e acuradas na predição de consumo que possibilitem máximo desempenho com menor desperdício de dieta.

### **PREDIÇÃO DO CONSUMO DE MATÉRIA SECA POR BOVINOS EM CONFINAMENTO**

Para poder ser planejado um eficiente programa de alimentação capaz de encontrar o melhor manejo alimentar para atender as exigências nutricionais, é necessário predizer com maior precisão e acurácia o nível de consumo voluntário por bovinos em crescimento e terminação sob alimentação *ad libitum*.

Um modelo de predição de CMS é uma representação simplificada do complexo sistema de ingestão voluntária de alimentos (Keady et al., 2004). Considerando que fosse possível incluir todos os fatores fisiológicos, ambientais, dietéticos e de manejo que interferem no CMS, possivelmente o modelo obtido seria difícil de ser interpretado biologicamente.

## ESTADO DA ARTE SOBRE A PREDIÇÃO DO CONSUMO DE MATÉRIA SECA

Durante muito tempo, os modelos de predição de CMS propostos pelo NRC (1984, 2000) foram os mais utilizados no Brasil. No entanto, os modelos propostos pelo NRC (1984, 2000) e o NASEM (2016) foram desenvolvidos principalmente com animais *Bos taurus taurus*. Conforme o ANUALPEC (2015), 80% do rebanho brasileiro é composto de gado Zebu, com estimativa de 150 milhões de cabeças de zebuínos. A contribuição das raças zebuínas para a produção de carne e leite no Brasil em um sistema de produção sustentável é devido às características de fertilidade, rusticidade, adaptabilidade ao ambiente tropical e aos sistemas de produção de carne brasileira, sendo a raça Nelore a predominante nos sistemas de produção de carne no Brasil.

Fox et al. (1988) observaram que o grupo genético é reconhecidamente um dos fatores que interfere no CMS. Com base nesse trabalho, o NRC (1987) e o AFRC (1993) adotaram o fator de ajuste relacionado ao grupo genético nas equações de predição de CMS, por identificar raças de bovinos com maior potencial de consumo que outras. Além disso, estimulantes anabolizantes foram usados nos bovinos do banco de dados do modelo de predição de CMS proposto pelo NRC (1984, 2000). No Brasil, a proibição do uso de anabolizantes para qualquer finalidade teve início em 1961 e atualmente vigora a Portaria Ministerial nº 51 (Brasil, 1991) que proíbe a produção, importação, comercialização e o uso de produtos para fins de crescimento e ganho de peso dos animais de abate. Para os compostos não esteroidais com atividade anabolizante, a proibição se estende, inclusive, para fins terapêuticos.

Segundo Neal et al. (1984), os modelos de predição do CMS deveriam ser testados em condições semelhantes àqueles em que se destina serem utilizados. Portanto, não há um único modelo que se aplica em todas as situações, existindo necessidade de desenvolver e validar modelos de predição do CMS em condições tropicais. Por isso, equações para predizer o CMS de bovinos de corte em condições brasileiras e com zebuínos (raça Nelore) foram desenvolvidas e validadas

por Valadares Filho et al. (2006a), que aliados às exigências de energia, proteína e minerais resultou na publicação intitulada Exigências nutricionais de Zebuínos e Tabelas de Composição de Alimentos – BR-CORTE, descrito por Valadares Filho et al. (2006b).

No BR-CORTE (2006), para construir o banco de dados de animais zebuínos (principalmente da raça Nelore) foram utilizadas 15 dissertações e/ou teses. No banco de dados de animais Cruzados de corte, foram utilizadas 10 dissertações e/ou teses, gerando um total de 273 unidades experimentais. Assim, foram recomendadas as seguintes equações de predição do CMS:

- Zebuínos:

$$\text{CMS (kg/dia)} = -2,4001 + 0,0201 \times \text{PC} + 4,8195 \times \text{GMD} - 1,5176 \times \text{GMD}^2$$

- Cruzados de corte:

$$\text{CMS (kg/dia)} = -1,4105 + 0,0171 \times \text{PC} + 5,4125 \times \text{GMD} - 1,8691 \times \text{GMD}^2,$$

em que PC = peso corporal médio (kg) e GMD = ganho de peso médio diário (kg/dia).

Os modelos de CMS propostos indicaram que os valores preditos foram equivalentes aos observados em condições práticas de alimentação de bovinos de corte confinados em condições tropicais.

Ribeiro et al. (2008) avaliaram o CMS por grupos genéticos de zebuínos e compararam os valores observados com os preditos por meio dos sistemas NRC (2000), CNCPS 5.0 e BR-CORTE (Valadares et al., 2006b). Estes autores observaram que o sistema brasileiro BR-CORTE foi mais eficiente nas predições do CMS por raça e para todos zebuínos.

Valadares Filho et al. (2006a) também observaram falta de ajuste para os modelos propostos pelo NRC (1984, 2000) em predizer o CMS de bovinos de corte em condições tropicais. Nesse sentido, as equações propostas pelo NRC (1984, 2000) seriam incapazes de explicar maior porcentagem da variação observada no CMS, quando comparadas às equações adotadas pelo BR-CORTE (Valadares et al., 2006b).

Os pesquisadores coletaram os dados a partir de múltiplos estudos publicados e tentaram

estabelecer um modelo quantitativo que melhor explica as observações. Geralmente, existem diferenças entre os estudos devido aos objetivos e ignorando estas diferenças numa análise conjunta dos dados, tem-se como consequência que a estimativa dos parâmetros (intercepto e inclinação) dos modelos de regressão pode ser tendenciosa. Neste sentido, foi proposto no BR-CORTE (Azevêdo et al. 2010), o uso da meta-análise para integrar o efeito de estudo e efeitos aleatórios das interações como componentes de um modelo misto (St-Pierre, 2001) e gerar modelos de predição de CMS mais precisos e acurados. Então, na segunda edição das Tabelas Brasileiras de Exigências Nutricionais de Zebuínos Puros e Cruzados, BR-CORTE (Azevêdo et al. 2010), o banco de dados sobre CMS foi ampliado; e os modelos mais utilizados pelo NRC foram avaliados, bem como novas equações para predizer o CMS, usando a meta-análise, foram desenvolvidas e validadas.

Os dados incluíram 561 observações a partir de 27 teses e/ou dissertações (estudos) que foram publicados na Universidade Federal de Viçosa e na Universidade de São Paulo. No BR-CORTE (Azevêdo et al. 2010), observou-se que as equações propostas pelo NRC não foram adequadas para predizer o CMS para bovinos em condições tropicais e sugeriu-se o uso das seguintes equações de predição do CMS:

- Zebuínos:

$$\text{CMS (kg/dia)} = -2,7878 + 0,08789 \times \text{PC}^{0,75} + 5,0487 \times \text{GMD} - 1,6835 \times \text{GMD}^2;$$

- Cruzados:

$$\text{CMS (kg/dia)} = -2,6098 + 0,08844 \times \text{PC}^{0,75} + 4,4672 \times \text{GMD} - 1,3579 \times \text{GMD}^2,$$

em que  $\text{PC}^{0,75}$  = peso corporal médio metabólico ( $\text{kg}^{0,75}$ ) e  $\text{GMD}$  = ganho de peso médio diário ( $\text{kg/dia}$ ).

Ferreira et al. (2021) avaliaram modelos de predição do CMS pelos sistemas nutricionais BR-CORTE (Azevêdo et al., 2010 e 2016) e NRC (2000), com 47 bovinos Nelore confinados, não castrados, peso médio inicial de 413 kg e 19 meses de idade. Eles concluíram que o modelo BR-CORTE (Azevêdo et al., 2016) foi o mais adequado para estimar com

maior precisão e exatidão o CMS de bovinos Nelore.

O principal grupo que atuou nas mudanças em relação à predição de CMS por bovinos para produção de carne na 8ª edição das Exigências Nutricionais de Bovinos de Corte do NASEM (2016) foi liderado pelo Professor e Pesquisador Michael L. Galyean, da *Texas Tech University, Department of Animal and Food Sciences*.

Seu grupo publicou quatro artigos sobre esse tema. O primeiro, “Avaliação das equações de predição do consumo de matéria seca e do desempenho do NRC (1996) de bovinos confinados”, por McMeniman et al. (2009). Nesse artigo objetivou-se avaliar os modelos de predição do CMS do NRC (1996). Eles utilizaram um banco de dados contendo 3.363 registros de baias coletivas, representando 632.306 bovinos em 3 confinamentos comerciais coletados por um período de 4 anos (2003 a 2006), e concluíram que as equações propostas pelo NRC (1996) não foram úteis para predizer o CMS de bovinos em confinamento comercial e sugeriram a necessidade de desenvolvimento de novas equações com maior exatidão e precisão.

O segundo artigo foi sobre “Desenvolvimento e avaliação de equações de consumo de matéria seca em períodos médios de dados baseados em confinamento comercial”, por McMeniman et al. (2010). Esses autores propuseram modelos de predição de CMS que consideram a classe sexual e informação prévia do CMS no início do confinamento.

No terceiro artigo, Galyean et al. (2011) publicaram “Previsibilidade do desempenho de bovinos confinados em crescimento”. Esses autores validaram as equações propostas por McMeniman et al. (2010) e sugeriram equações que fossem utilizadas para predição de CMS por bovinos de corte em confinamento alimentados em dietas com alto concentrado.

No quarto artigo, “Avaliação dos modelos atuais e desenvolvimento de equação”, por Anele et al. (2014), foram desenvolvidas novas equações, porém, segundo Anele et al. (2014), estas equações forneceram apenas melhorias modestas na melhor das hipóteses e, em alguns casos, não

ofereceram nenhuma vantagem real em relação às equações propostas pelo NRC (1996) para predizer o CMS de bovinos de corte em crescimento ou terminação.

Anele et al. (2014) relataram que foi decepcionante saber que sua pesquisa pouco conseguiu melhorar a capacidade preditiva do CMS, e reconheceram a dificuldade no desenvolvimento de predições precisas sobre o CMS por bovinos de corte em crescimento e terminação. Isto, sem dúvida, é a influência dos complexos fatores que controlam o CMS que dificultam explicar, adequadamente, o comportamento biológico do CMS, utilizando modelos matemáticos e algumas variáveis independentes.

Conforme os resultados apresentados por Anele et al. (2014), o NASEM (2016) recomendou a continuidade do uso da equação proposta pelo NRC (2000) para predizer o consumo de energia líquida de manutenção (CELM, Mcal/dia) e posteriormente estimar o CMS, que pode ser obtido dividindo o CELM pela concentração de energia líquida de manutenção da dieta (ELm):

- Para animais de sobreano (*Yearlings*):

$$\text{CELM (Mcal/dia)} = \text{PC}^{0,75} \times (0,2435 \times \text{ELm} - 0,0466 \times \text{ELm}^2 - 0,0869),$$

em que  $\text{PC}^{0,75}$  = o peso corporal médio metabólico para o período de alimentação. Para dietas com concentração de ELm  $\leq 0,95$  Mcal/kg MS, o NASEM (2016) recomendou a divisão do resultado dessa equação do consumo de ELm por 0,95.

No entanto, devido aos resultados dessa equação sub ou superestimarem o CMS dependendo das condições dietéticas e do animal conforme relatado por Anele et al. (2014), o NASEM (2016) recomenda que a equação de CMS em função do peso corporal descrita por Anele et al. (2014) também seja usada para predizer o CMS de bovinos de corte em crescimento ou terminação:

$$\text{CMS (\% PCm)} = 1,2425 + 1,9218 \times \text{ELm} - 0,7259 \times \text{ELm}^2 \quad (R^2 = 0,6188),$$

em que PCm = peso corporal médio (kg). O NASEM sugere que não há nenhuma razão para recomendar uma única equação para estimar o CMS.

Baseado no trabalho de validação relatado por Galyean et al. (2011), o comitê do NASEM (2016) recomenda usar as equações descritas por McMeniman et al. (2010), com ajustes para classe sexual, para estimar o CMS de bovinos em confinamento alimentados com dietas de alto grão ( $\geq 2,06$  Mcal de Elm e  $\geq 1,4$  Mcal/kg de Elg):

- Novilhos:

$$\text{CMS (kg/dia)} = 3,83 + 0,0143 \times \text{PCJi};$$

- Novilhas:

$$\text{CMS (kg/dia)} = 3,184 + 0,01536 \times \text{PCJi},$$

em que PCJi, o peso médio em jejum inicial.

No NRC (2000) já se considerou que os métodos descritos para predizer o CMS foram planejados para fornecer uma orientação geral. Não existe uma equação capaz de ser aplicada em todas as situações de produção. O correto é desenvolver modelos de predição do CMS específicos para determinada situação de produção. Assim, tais modelos conseguiriam explicar maior porcentagem da variação observada no CMS, quando comparado a um modelo generalizado.

Apesar de o Brasil possuir um rebanho de corte de tamanho praticamente estagnado, a melhoria das condições produtivas tem aumentado os índices de produtividade. Para que esses índices possam continuar aumentando para reduzir os custos produtivos e tornar o produto mais acessível ao consumidor, é necessária a constante atualização e validação dos conhecimentos gerados na pesquisa. Isso faz com que o maior número de fontes de variação possa ser conhecido e considerado. Da mesma forma, o aumento no número de dados de consumo individual de bovinos, oriundos de pesquisa em condições tropicais, faz com que os procedimentos estatísticos para estimar o CMS fiquem mais sensíveis às variações provenientes dos diversos fatores de produção.

## DESCRIÇÃO DOS DADOS UTILIZADOS NA PREDIÇÃO DE NOVOS MODELOS PARA BOVINOS CONFINADOS

O Brasil é um país com dimensões continentais, que possui uma ampla diversificação climática e possibilita a criação de

bovinos predominantemente de raças zebuínas, mas também, a utilização de grupos genéticos distintos e especializados na produção de carne, em cruzamentos, visando os benefícios do vigor híbrido para aumentar a produtividade do rebanho.

Além disso, no Brasil, uma parcela significativa da carne produzida é oriunda dos machos provenientes de rebanhos leiteiros, os quais são utilizados para recria e engorda como gado de corte. Diante dessa diversidade genética existente entre os bovinos criados no Brasil e sabendo que fisiologicamente existem diferenças no potencial de crescimento e nas exigências nutricionais, separou-se o banco de dados em três grupos genéticos para predição de novos modelos para estimar o CMS por bovinos em condições tropicais: Zebuínos (animais predominantemente Nelore), Cruzados de Corte (animais oriundos de cruzamentos com raças especializadas para produção de carne, com predominância de Angus x Nelore) e Cruzados de Leite (animais oriundos de cruzamentos de zebuínos com raças especializadas para produção de leite, principalmente a raça Holandesa).

Para gerar os modelos de predição do CMS capazes de serem representativos biologicamente e explicar a maior porcentagem da variação observada no CMS principalmente em condições comerciais, Menezes et al. (2022) utilizaram a base de dados de animais Zebuínos machos do BR-CORTE (Azevedo et al., 2016) e adicionaram dados de consumo de 479 baias de Nelore de um confinamento comercial, totalizando 56.452 animais. A equação proposta foi avaliada em outros dois confinamentos comerciais com 222 e 231 baias, totalizando 23.531 e 6.384 animais. Após validação, a equação foi comparada com a equação 2.1 proposta pelo BR-CORTE (Azevedo et al., 2016) e com as equações propostas por McMeniman et al. (2010), Anele et al. (2014) e Silva et al. (2021). A equação sugerida por Menezes et al. (2022) foi mais precisa e acurada em predizer o CMS. Portanto, apesar da equação publicada na versão anterior ser precisa em predizer CMS, nesta edição utilizamos a equação publicada por Menezes et al. (2022) em que o banco de dados contém 1128 unidades experimentais (UE) de animais zebuínos.

As equações para bovinos cruzados de corte e de leite por apresentarem boa precisão não foram alteradas permanecendo com 270 e 409 UE respectivamente (Tabela 2.1). O banco de dados utilizado é robusto e possui 1.807 UE, oriundas de pesquisa e unidades de confinamento comercial com rigoroso sistema de gestão com bovinos em crescimento ou terminação, com registro de consumo individual e em grupo, sendo respeitados um período de adaptação para minimizar o impacto do crescimento compensatório sobre CMS.

Procedeu-se à análise descritiva (Triola, 1999) dos dados (Tabela 2.1), com o propósito de obter o perfil do conjunto de dados pelas medidas de tendência central e de dispersão. De forma geral, as amplitudes totais das diferentes variáveis presentes no banco de dados utilizado para desenvolvimento das equações de predição do CMS (Tabela 2.1) representam amplamente as características brasileiras dos sistemas de produção de bovinos de corte em confinamento, possibilitando variações de baixo a alto PC inicial, PC final, GMD, CMS e com variações nos consumos de FDN e PB. Dessa forma, permitem projeções representativas, face ao universo de dietas empregadas para bovinos destinados à produção de carne em condições tropicais e suas possíveis interações com grupo genético e interferência nos padrões de regulação de CMS.

Utilizou-se o coeficiente de correlação de Pearson para medir a intensidade da relação linear entre o CMS e as demais variáveis quantitativas. A análise de correlação revelou que, dentre os maiores coeficientes encontrados, destacam-se aqueles que explicam a relação linear entre o CMS e aqueles relacionados aos pesos dos bovinos e ao desempenho, apresentando coeficientes positivos e significativos ( $P < 0,05$ ). As variáveis relacionadas às dietas (FDN e PB, g/kg), além de apresentarem baixos coeficientes de correlação, independente do grupo genético avaliado, a FDN não apresentou coeficientes significativos ( $P > 0,05$ ) e a PB só apresentou significância para os grupos genéticos dos zebuínos e cruzados de leite. Diante dos resultados da correlação de Pearson, adotou-se como variáveis para serem utilizadas nos modelos de predição de CMS, o  $PC^{0,75}$  e o GMD.

Tabela 2.1 - Estatística descritiva das variáveis utilizadas para predição do consumo de matéria seca e variáveis relacionadas ao consumo de nutrientes para zebuínos, e cruzados de corte e de leite

Variável	N	Média	DP	Mínimo	Máximo
<b>Zebuínos</b>					
Duração, dias	1128	102	36,9	42,0	271
Peso corporal inicial, kg	1128	330	70,0	110	499
Peso corporal final, kg	1128	450	91,3	125	652
GMD, kg/dia	1128	1,23	0,49	-0,36	2,00
Consumo					
Matéria seca, kg/dia	1128	8,41	2,10	1,29	13,2
FDN, kg/dia	951	2,88	0,71	0,79	7,61
FDNi, kg/dia	388	1,24	0,55	0,13	2,43
Proteína bruta, kg/dia	951	1,03	0,19	0,29	1,74
NDT, kg/dia	949	6,03	1,14	1,00	10,2
<b>Cruzados de corte</b>					
Duração, dias	270	112	35,6	55,0	232
Peso corporal inicial, kg	270	352	55,3	215	580
Peso corporal final, kg	270	455	78,6	220	607
GMD, kg/dia	270	1,22	0,48	-0,19	2,37
Consumo					
Matéria seca, kg/dia	270	8,57	1,94	2,46	12,5
FDN, kg/dia	188	3,25	1,24	0,83	6,97
FDNi, kg/dia	30	0,81	0,16	0,50	1,09
Proteína bruta, kg/dia	163	1,15	0,28	0,30	1,67
NDT, kg/dia	141	5,52	1,50	1,74	9,22
<b>Cruzados de leite</b>					
Duração, dias	409	107	53,7	30,0	242
Peso corporal inicial, kg	409	323	77,3	139	494
Peso corporal final, kg	409	429	87,5	206	661
GMD, kg/dia	409	1,06	0,52	-0,13	2,64
Consumo					
Matéria seca, kg/dia	409	8,03	2,41	2,18	15,1
FDN, kg/dia	265	2,86	1,17	0,65	6,14
FDNi, kg/dia	30	0,98	0,26	0,42	1,44
Proteína bruta, kg/dia	264	0,99	0,35	0,18	2,01
NDT, kg/dia	138	5,64	1,63	2,53	9,45

N: número de unidades experimentais; DP: desvio padrão; GMD: ganho de peso médio diário; FDN: fibra insolúvel em detergente neutro; FDNi: FDN indigestível; NDT: nutrientes digestíveis totais.

Seguindo as recomendações de St-Pierre (2001), verificou-se inicialmente a existência do efeito de estudo no banco de dados. Observou-se efeito de estudo ( $P < 0,0001$ ) e esse foi considerado nas análises posteriores.

Foram desenvolvidas equações para predição do CMS em função dos grupos genéticos:

Zebuínos

$$\text{CMS (kg/dia)} = -2,1948 + 0,08338 \times \text{PC}^{0,75} + 3,9328 \times \text{GMD} - 0,9030 \times \text{GMD}^2; \\ (R^2 = 0,859) \text{ (Equação 2.1)}$$

Cruzados de corte

$$\text{CMS (kg/dia)} = -0,6273 + 0,06453 \times \text{PC}^{0,75} + 3,871 \times \text{GMD} - 0,614 \times \text{GMD}^2 \\ (R^2 = 0,626) \text{ (Equação 2.2)}$$

Cruzados de leite

$$\text{CMS (kg/dia)} = -2,8836 + 0,08435 \times \text{PC}^{0,75} + 4,5145 \times \text{GMD} - 0,9631 \times \text{GMD}^2 \\ (R^2 = 0,788) \text{ (Equação 2.3)}$$

O coeficiente negativo para a variável  $\text{GMD}^2$  (kg/dia) para todas as equações ajustadas indicou que as estimativas para CMS apresentam um platô. A explicação para este

fato pode estar diretamente relacionada com a concentração de energia das dietas utilizadas. Partindo do princípio de que para alcançar GMD máximo, a concentração energética da dieta deverá estar alta, inibindo o CMS, como sugere a teoria da regulação para a ingestão de energia proposta por Mertens (1994).

Considerando a importância desse efeito, o NASEM (2016) propôs equações que incluíram as variáveis ELM e ELM<sup>2</sup>. No entanto, devido às dificuldades práticas de se determinar a ELM antes de saber quais os alimentos irão compor a dieta, Thornton et al. (1985) desenvolveram um modelo para prever CMS, que incluiu peso corporal inicial e dias de confinamento (DC). Para esses autores, o CMS inicial aumenta gradativamente, em função dos DC, até atingir um platô e posteriormente, decresce nos últimos DC devido ao aumento do conteúdo de gordura corporal dos animais confinados. A concentração de gordura na carcaça começa em ritmo lento no início do período de alimentação, mas acumula-se em ritmo rápido no final do período de alimentação (Simpfendorfer, 1974).

### **VALIDAÇÃO DAS EQUAÇÕES DE PREDIÇÃO DE CONSUMO DE MATÉRIA SECA**

Os resultados de pesquisa provenientes de valores médios (experimentos independentes) publicados entre 2005 até outubro de 2014 na Revista Brasileira de Zootecnia, Boletim da Indústria Animal, Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia foram compilados e utilizados para

compor o banco de dados para a validação das equações de predição do CMS por zebuínos, e cruzados de corte e de leite terminados em confinamento nas condições tropicais (Tabela 2.2).

Na Tabela 2.2 é possível observar dispersão das variáveis utilizadas no banco de dados para validação das equações de predição do CMS e os valores mínimos e máximos para os PC, GMD e CMS indicam que ampla quantidade de dietas foi utilizada. Pode-se observar que o critério de seleção empregado foi eficaz, permitindo boa representatividade, pois não interferiu nos valores médios das variáveis utilizadas para o desenvolvimento das equações de predição do CMS. É importante destacar que, neste banco de dados da validação, existem informações de diferentes estados do Brasil, possibilitando maior representatividade do rebanho nacional.

Com base nas relações observadas entre os valores observados e os preditos pelas equações em função dos grupos genéticos: zebuínos, cruzados de corte e de leite (Tabela 2.3) pode-se observar que os valores de probabilidade tanto para o intercepto, quanto para inclinação não diferiram ( $P > 0,05$ ) de zero e 1, respectivamente, isto é, os valores de CMS preditos (Tabela 2.3) pelas equações desenvolvidas são equivalentes aos CMS observados em condições práticas de alimentação de bovinos de corte, confinados em condições tropicais. Os consumos de matéria seca estimados para zebuínos, e cruzados de corte e de leite, obtidos para diferentes pesos corporais e ganhos de peso encontram-se na Tabela 2.4.

Tabela 2.2 - Estatística descritiva das variáveis utilizadas para validação das equações desenvolvidas para predição do consumo de matéria seca para zebuínos, e cruzados de corte e de leite

Variável	N	Média	DP	Mínimo	Máximo
<b>Zebuínos</b>					
Duração, dias	78	95,4	27,5	56,0	194
Peso corporal inicial, kg	78	364	43,5	251	438
Peso corporal final, kg	78	479	37,2	404	583
GMD, kg/dia	78	1,20	0,24	0,63	1,75
Consumo de matéria seca, kg/dia	78	8,79	1,06	6,04	10,8
<b>Cruzados de corte</b>					
Duração, dias	111	103	29,6	21,0	199
Peso corporal inicial, kg	111	326	62,8	187	463
Peso corporal final, kg	111	464	48,2	340	579
GMD, kg/dia	111	1,38	0,25	0,76	2,15
Consumo de matéria seca, kg/dia	111	8,83	1,44	6,11	12,7
<b>Cruzados de leite</b>					
Duração, dias	48	81,8	12,3	56,0	102
Peso corporal inicial, kg	48	259	94,4	67,9	380
Peso corporal final, kg	48	336	116	151	499
GMD, kg/dia	48	0,95	0,38	0,14	1,72
Consumo de matéria seca, kg/dia	48	6,69	2,24	2,80	11,1

N: número de unidades experimentais; DP: desvio padrão; GMD: ganho de peso médio diário.

Tabela 2.3 - Estatística para relação entre os valores observados e os preditos pelas equações para zebuínos, e cruzados de corte e de leite

Variável	Zebuínos	Cruzados de corte	Cruzados de leite
Intercepto	-0,602	-1,5386	0,6697
Valor P <sup>1</sup> (H <sub>0</sub> : a = 0)	0,655	0,2022	0,0710
Inclinação	1,052	1,1316	0,9449
Valor P <sup>2</sup> (H <sub>0</sub> : b = 1)	0,729	0,3150	0,3112
r <sup>2</sup>	0,426	0,4087	0,8704
Viés médio	-0,137	-0,3329	0,3189
CCC	0,544	0,5262	0,9234
QMEP	0,698	1,3306	0,7557
<b>Decomposição do QMEP</b>			
Quadrado do vício	0,0188 (2,70%)	0,1108 (8,33%)	0,1017 (13,46%)
Magnitude de flutuação aleatória	0,0011 (0,15%)	0,0113 (0,85%)	0,0146 (1,93%)
Modelo de flutuação aleatória	0,6777 (97,2%)	1,2085 (90,82%)	0,6395 (84,62%)

CCC: coeficiente de correlação concordante; QMEP: quadrado médio do erro de predição. <sup>1</sup> Valor da probabilidade para teste de hipótese onde valor do parâmetro a = 0 (Neter et al., 1996). <sup>2</sup> Valor da probabilidade para teste de hipótese onde valor do parâmetro b = 1 (Neter et al., 1996).

Tabela 2.4 - Consumos de matéria seca estimados para zebuínos, e cruzados de corte e de leite terminados em confinamento, obtidas para diferentes pesos corporais e ganhos de peso

Peso corporal (kg)	Ganho de peso (kg/dia)	Consumo de matéria seca (kg)		
		Zebuínos (Equação 2.1)	Cruzados de corte (Equação 2.2)	Cruzados de leite (Equação 2.3)
200	0,75	4,68	5,36	4,45
	1,00	5,27	6,06	5,15
	1,25	5,74	6,68	5,74
	1,50	6,11	7,23	6,21
	1,75	6,36	7,70	6,55
250	0,75	5,49	5,99	5,26
	1,00	6,08	6,69	5,97
	1,25	6,55	7,31	6,56
	1,50	6,91	7,85	7,02
	1,75	7,16	8,32	7,37
300	0,75	6,26	6,58	6,04
	1,00	6,85	7,28	6,75
	1,25	7,32	7,90	7,33
	1,50	7,68	8,45	7,80
	1,75	7,93	8,92	8,15
350	0,75	6,99	7,15	6,79
	1,00	7,58	7,85	7,49
	1,25	8,06	8,47	8,08
	1,50	8,42	9,02	8,55
	1,75	8,67	9,49	8,89
400	0,75	7,70	7,70	7,51
	1,00	8,29	8,40	8,21
	1,25	8,77	9,02	8,80
	1,50	9,13	9,57	9,27
	1,75	9,38	10,0	9,61
450	0,75	8,39	8,24	8,20
	1,00	8,98	8,93	8,91
	1,25	9,46	9,56	9,50
	1,50	9,82	10,10	9,96
	1,75	10,1	10,6	10,3
500	0,75	9,06	8,75	8,88
	1,00	9,65	9,45	9,59
	1,25	10,1	10,08	10,17
	1,50	10,5	10,6	10,6
	1,75	10,7	11,1	11,0

### VALIDAÇÃO DAS EQUAÇÕES DE PREDIÇÃO DE CONSUMO DE MATÉRIA SECA PARA ANIMAIS ZEBUÍNOS E CRUZADOS DE CORTE EM CONFINAMENTOS COMERCIAIS

Os dados de CMS, PC e GMD de animais Zebuínos e Cruzados de corte foram coletados em três confinamentos comerciais com consumo individual por grupo e utilizados para a validação. Os dados foram coletados em Minas Gerais (16°01'54"S 43°47'28"W), Goiás (15°25'19.61"S 51°32'17.04"W) e Mato

Grosso (16°45'30"S 54°23'03"W). Foram compilados os dados de 231 e 222 baias totalizando 29.915 animais Nelore e 27, 76 e 20 baias com Cruzados de corte totalizando 11.713 animais (Tabela 2.5). O manejo alimentar nas propriedades comerciais utilizou o período de adaptação médio às dietas de terminação por 21 dias. Os valores observados foram comparados como os valores preditos pela equação 2.1 utilizando-se o modelo de regressão:  $Y = a + b \cdot x$ . Em que: Y = representa os valores de resposta observados; X = representa os valores preditos; a = representa o

intercepto da equação; e  $b$  = representa a inclinação da equação. A regressão foi avaliada com as seguintes hipóteses estatísticas (Neter et al., 1996):  $H_0 = a = 0$  e  $b = 1$ ;  $H_a = \text{Não } H_0$ .

Pode se observar que o banco de dados utilizado para gerar a equação 2.1 e 2.2 abrange os dados de confinamentos comerciais e permitem sua utilização na predição de

consumo desses. Pode-se observar que os valores para o intercepto e a inclinação não diferiram ( $P > 0,05$ ) de 0 e 1, respectivamente (Tabela 2.6). Portanto os valores preditos e os observados nos confinamentos comerciais e experimentais de grande porte em condições tropicais são iguais.

Tabela 2.5 - Estatística descritiva das variáveis utilizadas para a validação das equações 2.1 e 2.2 de predição do consumo de matéria seca

Variável	N	N animais	Média	DP	Mínimo	Máximo
<b>Conf. 1 (Zebuínos)<sup>1</sup></b>						
Duração, dias	231	6.384	103	14,8	70	127
Peso corporal inicial, kg	231	6.384	426	37,0	344	570
Peso corporal final, kg	231	6.384	593	45,6	527	763
GMD, kg/dia	231	6.384	1,62	0,21	1,08	2,24
Consumo de matéria seca, kg/dia	231	6.384	9,14	0,76	7,14	12,2
<b>Conf. 2 (Zebuínos)<sup>1</sup></b>						
Duração, dias	222	23.531	129	30,8	66,0	206
Peso corporal inicial, kg	222	23.531	309	42,9	229	523
Peso corporal final, kg	222	23.531	497	35,9	386	714
GMD, kg/dia	222	23.531	1,49	0,190	1,02	2,32
Consumo de matéria seca, kg/dia	222	23.531	11,0	0,79	8,79	13,2
<b>Conf. 3 (Cruzados de corte)</b>						
Duração, dias	27	2469	116	5,51	110	126
Peso corporal inicial, kg	27	2469	397	28,79	363	453
Peso corporal final, kg	27	2469	625	29,77	572	681
GMD, kg/dia	27	2469	1,956	0,185	1,600	2,186
Consumo de matéria seca, kg/dia	27	2469	11,7	0,517	10,2	12,3
<b>Conf. 4 (Cruzados de corte)</b>						
Duração, dias	76	8707	153	38,16	66	235
Peso corporal inicial, kg	76	8707	294	70,52	221	486
Peso corporal final, kg	76	8707	517	80,08	440	829
GMD, kg/dia	76	8707	1,500	0,325	1,087	2,423
Consumo de matéria seca, kg/dia	76	8707	9,31	1,429	7,39	12,2
<b>Conf. 5 (Cruzados de corte)</b>						
Duração, dias	20	537	105	24,0	62,3	150
Peso corporal inicial, kg	20	537	412	31,1	361,1	462
Peso corporal final, kg	20	537	539	23,4	502,7	592
GMD, kg/dia	20	537	1,223	0,133	0,970	1, 506
Consumo de matéria seca, kg/dia	20	537	9,45	0,680	8,30	11,19

N: número de unidades experimentais; Conf.: Confinamento; DP: desvio padrão.

<sup>1</sup>Dados adaptados publicados por Menezes et al., (2022).

Tabela 2.6 - Estatística para relação entre os valores observados dos confinamentos 1, 2, 3, 4 e 5 e os preditos pelas equações 2.1 (Conf. 1 e 2) para zebuínos e 2.2 (Conf. 3, 4 e 5) para cruzados de corte

Variável	<sup>3</sup> Conf. 1	<sup>3</sup> Conf. 2	Conf. 3	Conf. 4	Conf. 5
Intercepto	-0,051	1,05	-0,721	0,400	1,317
Valor P <sup>1</sup> (H <sub>0</sub> : a = 0)	0,934	0,076	0,501	0,682	0,660
Inclinação	1,04	0,886	1,051	0,936	0,905
Valor P <sup>2</sup> (H <sub>0</sub> : b = 1)	0,598	0,075	0,648	0,505	0,715
r <sup>2</sup>	0,511	0,465	0,785	0,561	0,411
Viés médio	0,327	-0,001	-0,236	-0,250	0,225
CCC	0,600	0,659	0,860	0,680	0,535
QMEP	0,414	0,317	0,482	0,286	0,198
Decomposição do QMEP					
Quadrado do vício	0,107 (25,8%)	0,000 (0,00%)	0,056 (11,6%)	0,063 (21,9 %)	0,051 (25,6 %)
Magnitude de flutuação aleatória	0,0004 (0,090%)	0,005 (1,43%)	0,004 (0,75%)	0,001 (0,471%)	0,001 (0,564 %)
Modelo de flutuação aleatória	0,3068 (74,11%)	0,312 (98,6%)	0,422 (87,7%)	0,222 (77,7 %)	0,146 (73,8 %)

Conf.: Confinamento; CCC: coeficiente de correlação concordante; QMEP: quadrado médio do erro de predição. <sup>1</sup> Valor da probabilidade para teste de hipótese onde valor do parâmetro a = 0 (Neter et al., 1996); <sup>2</sup> Valor da probabilidade para teste de hipótese onde valor do parâmetro b = 1 (Neter et al., 1996); <sup>3</sup>Dados publicados por Menezes et al. (2022).

### ***Predição e validação do consumo de matéria seca em dietas com relação volumoso: concentrado definida***

Dietas com alto teor de concentrado tornaram-se economicamente viáveis nos últimos anos em função da elevação no custo de produção de volumosos, redução temporária no preço dos concentrados e ao aumento da oferta de coprodutos da indústria (Cervieri et al., 2009). No Brasil, as dietas de terminação aumentaram os níveis de concentrado nos últimos anos. Estudos realizados entre 2009 e 2014 demonstraram um aumento de 11% na proporção de concentrado nas dietas de confinamento (71,2% e 79%, respectivamente) (Millen et al., 2009; Oliveira e Millen, 2014). Já no ano de 2016, estudo realizado por Pinto e Millen (2018) apontou que 87,9% dos confinamentos no país utilizavam acima de 71% de concentrado na dieta, e destes 54,6% utilizavam mais de 80%. Em estudo recente, Silvestre e Millen (2021) verificaram que a

inclusão média de concentrado na dieta de confinamento está sendo de 83,2%.

Com o crescente uso de dietas de alto teor de concentrado para bovinos confinados no Brasil, torna-se necessário manejo nutricional adequado e para que isto aconteça é fundamental predizer o CMS.

Para seleção dos dados, foram considerados válidos aqueles que possuíam informações sobre: classe sexual, pesos corporais (PC) inicial e final, consumo de matéria seca (CMS), ganho médio diário (GMD) e concentração de concentrado ou volumoso na dieta total.

A estatística descritiva das variáveis utilizadas para a validação da predição do consumo de matéria seca de bovinos alimentados com teores de concentrado conhecido encontra-se na Tabela 2.7. Foram obtidas as seguintes equações para os grupos genéticos:

Zebuínos:

$$\text{CMS (kg/dia)} = -1,303 + 0,0029 \times \text{NC} - 0,00005 \times \text{NC}^2 + 0,0843 \times \text{PC}^{0,75} + 2,243 \times \text{GMD} - 0,271 \times \text{GMD}^2$$

(R<sup>2</sup> = 0,797) (Equação 2.4)

Cruzados de corte:

$$\text{CMS (kg/dia)} = - 4,8196 + 0,0081 \times \text{NC} - 0,00011 \times \text{NC}^2 + 0,1239 \times \text{PC}^{0,75} + 2,8189 \times \text{GMD} - 0,775 \times \text{GMD}^2$$

( $R^2 = 0,717$ ) (Equação 2.5)

em que NC, é o teor de concentrado na dieta (% da MS total da dieta);  $\text{PC}^{0,75}$ , peso corporal médio metabólico, em kg; GMD, ganho de peso médio diário, em kg/dia.

Tabela 2.7 - Estatística descritiva das variáveis utilizadas para o desenvolvimento da equação de predição do consumo de matéria seca de bovinos alimentados com teores de concentrado conhecidos

Item	N	Média	DP	Mínimo	Máximo
<b>Zebuínos</b>					
Consumo de matéria seca, kg/dia	983	7,55	2,07	2,05	13,8
Peso corporal, kg	983	362	88,3	133	647
Peso corporal metabólico, kg	983	82,9	15,8	39,2	128,2
Ganho de peso médio diário, kg/dia	983	0,97	0,41	-0,14	2,26
Nível de concentrado, %	983	45,6	24,0	0,00	85,0
<b>Cruzados de corte</b>					
Consumo de matéria seca, kg/dia	432	8,22	1,73	2,75	12,9
Peso corporal, kg	432	383	61,8	231	538
Peso corporal metabólico, kg	432	86,4	10,6	59,3	112
Ganho de peso médio diário, kg/dia	432	1,32	0,34	0,48	2,44
Nível de concentrado, %	432	61,9	21,6	25,0	100

N: número de unidades experimentais; DP: desvio padrão.

Para a validação dos resultados, utilizou-se banco de dados independente com 106 unidades experimentais para zebuínos e 137 para cruzados de corte (Tabela 2.8). Os dados foram obtidos de publicações entre 2005 e 2015 na Revista Brasileira de Zootecnia, Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, Semina: Ciências Agrárias, Acta Scientiarum. Animal Sciences, Revista Ciência Agronômica, Journal of Animal Science e Boletim da Indústria Animal.

Na seleção desse banco de dados não se preocupou em estabelecer seleção para dietas com alto concentrado justamente para verificar a sensibilidade do modelo de predição em diferentes proporções de concentrado na dieta e isto pode ser observado na estatística descritiva do banco de dados da validação (Tabela 2.8).

O resultado observado na Tabela 2.9 indicou que a equação de predição do CMS com teor de concentrado conhecido pode ser utilizada com segurança.

Assim, considerando que o nutricionista saiba qual a concentração de concentrado será utilizada na dieta, ou tenha uma relação de volumoso: concentrado definida, o BR-CORTE sugere que essa equação possa ser utilizada.

Com base nas equações 2.4 e 2.5 são apresentados na Tabela 2.10, os consumos de matéria seca estimados para zebuínos e cruzados de corte terminados em confinamento obtidos para diferentes pesos corporais e ganhos de peso, considerando três teores de concentrado (30; 60 e 90%) na dieta.

Tabela 2.8 - Estatística descritiva das variáveis utilizadas para a validação da predição do consumo de matéria seca de bovinos alimentados com diferentes teores de concentrado

Variável	N	Média	DP	Mínimo	Máximo
<b>Zebuínos</b>					
Consumo de matéria seca, kg/dia	106	8,68	1,61	2,96	12,3
Peso corporal, kg	106	416	53,5	223	494
Peso corporal metabólico, kg	106	91,9	9,18	57,7	105
Ganho de peso médio diário, kg/dia	106	1,19	0,30	0,15	1,75
Nível de concentrado, %	106	62,1	20,3	0,00	95,4
<b>Cruzados de corte</b>					
Consumo de matéria seca, kg/dia	137	8,98	1,47	6,11	13,60
Peso corporal, kg	137	394	48,2	265	520
Peso corporal metabólico, kg	137	88,3	8,18	65,6	109
Ganho de peso médio diário, kg/dia	137	1,40	0,27	0,76	2,17
Nível de concentrado, %	137	55,0	17,9	11,0	100

N: número de unidades experimentais; DP: desvio padrão.

Tabela 2.9 - Estatística para relação entre os valores observados e os preditos pelas equações de predição de CMS por bovinos alimentados com diferentes teores de concentrado

Item	Zebuínos	Cruzados de corte
Intercepto	-1,3568	0,9373
Valor P <sup>1</sup> (H <sub>0</sub> : a = 0)	0,0623	0,2379
Inclinação	1,1577	0,9390
Valor P <sup>2</sup> (H <sub>0</sub> : b = 1)	0,0582	0,5064
r <sup>2</sup>	0,6552	0,4377
Viés médio	0,0105	0,4144
Coefficiente de correlação concordante	0,7602	0,5920
Quadrado médio do erro de predição	0,9254	1,3961
Decomposição do quadrado médio do erro de predição		
Quadrado do vício	0,0001 (0,01%)	0,1717 (12,30%)
Magnitude de flutuação aleatória	0,0315 (3,41%)	0,0040 (0,29%)
Modelo de flutuação aleatória	0,8938 (96,58%)	1,2203 (87,41%)

<sup>1</sup> Valor da probabilidade para teste de hipótese onde valor do parâmetro a = 0 (Neter et al., 1996). <sup>2</sup> Valor da probabilidade para teste de hipótese onde valor do parâmetro b = 1 (Neter et al., 1996).

Tabela 2.10 - Consumos estimados de matéria seca para zebuínos e cruzados de corte terminados em confinamento obtidos para diferentes pesos corporais e ganhos de peso, considerando três teores de concentrado (30; 60 e 90%)

Peso corporal (kg)	Ganho de peso (kg/dia)	Concentrado (%)	Consumo de matéria seca (kg)	
			Zebuínos (Equação 2.4)	Cruzados de corte (Equação 2.5)
200	0,5	30	4,28	3,13
		60	4,23	3,08
		90	4,09	2,82
	1,0	30	5,19	3,96
		60	5,15	3,90
		90	5,01	3,65
	1,5	30	5,98	4,40
		60	5,93	4,34
		90	5,79	4,09
300	0,5	30	5,87	5,47
		60	5,82	5,42
		90	5,68	5,17
	1,0	30	6,79	6,30
		60	6,74	6,25
		90	6,60	5,99
	1,5	30	7,57	6,74
		60	7,52	6,69
		90	7,38	6,43
400	0,5	30	7,33	7,62
		60	7,28	7,57
		90	7,15	7,32
	1,0	30	8,25	8,45
		60	8,20	8,40
		90	8,07	8,14
	1,5	30	9,03	8,89
		60	8,99	8,84
		90	8,85	8,58
500	0,5	30	8,71	9,64
		60	8,66	9,59
		90	8,52	9,33
	1,0	30	9,62	10,47
		60	9,58	10,42
		90	9,44	10,16
	1,5	30	10,41	10,91
		60	10,36	10,86
		90	10,22	10,60

***Predição e validação do consumo de matéria seca por bovinos criados a pasto recebendo níveis moderados de suplementação***

O Brasil é o quinto país em extensão territorial, com uma área de 8,5 milhões de km<sup>2</sup>, sendo que 172,3 milhões de hectares são destinados à pastagem (IBGE, 2007). Além

disso, apresenta uma grande diversidade de clima e vegetação, que aliado à extensão territorial possibilita que os sistemas de produção de carne bovina sejam caracterizados pelo uso de forragem como dieta basal. A maioria do sistema de produção de carne bovina brasileiro é produzido com animais sob condição de pastagem e apenas 15,62% foram

terminados em confinamento, dos 41,5 milhões de bovinos abatidos no Brasil em 2020 (ABIEC, 2021).

De acordo com Paulino et al. (2005), deve haver grande destaque quanto à utilização sustentável das pastagens para produção de bovinos de corte, uma vez que esses recursos representam a principal e mais econômica fonte de nutrientes para os animais.

Predizer o consumo por bovinos criados a pasto não é uma tarefa fácil. Em sua revisão, Coleman et al. (1999) observaram que o CMS de bovinos em pastejo é influenciado pela qualidade e pelas características físicas da forragem e, devido ao estado fisiológico do animal.

Para Lardy et al. (2004), a principal limitação em estabelecer modelos de predição de CMS para bovinos em pastejo é que as principais pesquisas foram realizadas com estimativas indiretas, utilizando indicadores externos e internos para prever o CMS. Além disso, animais que pastejam podem avaliar a forragem disponível e selecionar uma dieta que atenda às suas necessidades nutricionais (Coleman e Sollenberger, 2007; Launchbaugh e Doherty, 2007). Então, a seletividade acaba interferindo na possibilidade de quantificar a composição química da dieta dos animais em pastejo e desta forma, prever com exatidão quais os nutrientes ingeridos por esses animais.

Portanto, deve ser considerado que as estimativas de predição de CMS por bovinos em pastejo sejam mais complexas do que a dos animais confinados e o bom senso deve prevalecer ao utilizar as equações desenvolvidas. O pasto deve ser entendido como um componente do sistema de produção com elevada complexidade, uma vez que este fornece substratos aos animais e é passível de apresentar uma variação qualitativa e quantitativa ao longo do ano, influenciada principalmente por fatores abióticos (e.g., precipitação, temperatura e radiação solar) (Detmann et al., 2004).

A utilização das gramíneas tropicais como única fonte de proteína e energia é inviável para o atendimento das exigências nutricionais de bovinos em crescimento ou terminação (Moore, 1999). Isso ocorre porque as pastagens raramente contêm todos os nutrientes essenciais nas proporções adequadas para atender às exigências nutricionais dos animais. Portanto, sistemas de alimentação combinando forragem basal e suplemento concentrado se fazem

necessários a fim de viabilizar o ajuste nutricional e melhorar a produção animal à pasto.

Moore (1980) relatou três efeitos possíveis de serem identificados entre suplementação e consumo de forragem: aditivo, associativo e substitutivo. No primeiro, o consumo de forragem permanece constante, independente do nível de suplementação, mas o consumo total aumenta na mesma proporção do nível suplementado; no efeito associativo, o consumo total também aumenta, mas há redução do consumo de forragem; já no substitutivo, o consumo total permanece constante, porém, há redução no consumo de forragem, que é substituído pelo consumo de suplemento.

O efeito substitutivo obtido com a suplementação é diretamente proporcional à qualidade da forragem, sendo maior com forragens de alta qualidade em comparação a forragens de baixa qualidade (Minson, 1990). Havendo substituição, é desejável que sejam assumidos valores inferiores a 1,0 g/g, observando-se redução do consumo de pasto, mas ampliação do consumo total (Costa et al., 2011).

Atualmente, a maioria do rebanho nacional de corte é Nelore ou oriundo de seus cruzamentos. Entretanto, o número de animais vindos de fazendas de leite está aumentando em função da alta demanda por carne e menor relação de troca da arroba desses animais na aquisição.

Diante da importância da estimativa de CMS de bovinos em condições tropicais criados a pasto e recebendo suplementação, o BR-CORTE (Azevedo et al., 2016) sugeriu o uso de um modelo de predição específico considere o CMS do suplemento (CMSs, kg/dia) para animais Nelore. Entretanto, com o aumento dos animais de cruzamento leiteiro recriados a pasto, nesta versão foi sugerida uma equação para abranger esses animais e ampliado o banco de dados de animais Zebuínos.

Nas informações referentes à estatística descritiva do banco de dados (Tabela 2.11), observou-se ampla variação das informações para que pudessem ser geradas equações de predição em mais abrangentes situações de campo.

Tabela 2.11 - Estatística descritiva das variáveis utilizadas para predição do consumo de matéria seca para zebuínos e cruzados de leite criados à pasto

Variável	N	Média	DP	Mínimo	Máximo
Zebuínos					
Peso corporal médio, kg	1069	278	92,0	102	568
Peso corporal metabólico, kg	1069	67,3	16,6	32,1	116
Ganho de peso médio diário, kg/dia	1069	0,53	0,32	-0,39	1,56
Consumo					
Matéria seca, kg/dia	1069	5,18	2,01	1,34	14,1
Suplemento, kg/dia	1069	0,83	0,76	0,00	5,92
Cruzados de leite					
Peso corporal médio, kg	229	332	75,0	199	541
Peso corporal metabólico, kg	229	77,5	13,1	53	112
Ganho de peso médio diário, kg/dia	229	0,55	0,17	0,28	1,08
Consumo					
Matéria seca, kg/dia	229	7,33	1,72	4,02	11,37
Suplemento, kg/dia	299	0,69	0,41	0,16	1,75

N: número de unidades experimentais; DP: desvio padrão.

Foi possível estabelecer as seguintes equações de predição do CMS para Zebuínos e Cruzados de leite em pastejo, recebendo suplementação, em condições tropicais:

#### Zebuínos suplementados a pasto:

$$\text{CMS (kg/dia)} = -0,4684 + 0,7732 \times \text{CMSs} + 0,0742 \times \text{PC}^{0,75} + 0,7953 \times \text{GMD} - 0,9047 \times \text{GMD}^2 \quad (R^2 = 0,638) \quad (\text{Equação 2.6})$$

#### Cruzados de leite suplementados a pasto:

$$\text{CMS (kg/dia)} = 0,9951 + 0,7732 \times \text{CMSs} + 0,0742 \times \text{PC}^{0,75} + 0,7953 \times \text{GMD} - 0,9047 \times \text{GMD}^2 \quad (R^2 = 0,624) \quad (\text{Equação 2.7})$$

em que CMSs, é o consumo de suplemento em kg/dia;  $\text{PC}^{0,75}$ , o peso corporal metabólico, em kg e; GMD, o ganho de peso médio diário, em kg/dia.

Para a validação dessa equação, utilizou-se um banco de dados independente oriundo dos periódicos: Revista Brasileira de Zootecnia, Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, Semina: Ciências Agrárias, Asian Australasian Journal of Animal Science, Bioscience Journal, Acta Scientiarum. Animal Sciences, Enciclopédia Biosfera, Research, Society and Development, Tropical Animal Health and Production e Pesquisa Agropecuária Brasileira.

De forma geral, as amplitudes totais das variáveis presentes no banco de dados para validação da equação de predição de CMS por Zebuínos à pasto (Tabela 2.12) representam as características brasileiras dos sistemas extensivo de produção de bovinos de corte à pasto e suplementados, sendo representativas para serem utilizadas na validação da equação.

Observou-se que as respostas aos valores observados e preditos confirmam a exatidão e precisão, uma vez que as equações estimaram corretamente o CMS representado pela não significância do intercepto e inclinação e pelo baixo valor do quadrado médio do erro de predição (Tabela 2.13), indicando possibilidade de serem aplicadas para animais criados a pasto e suplementados.

Ressalta-se que as equações 2.6 e 2.7 devem ser usadas para predizer o CMS em animais na recria ou que recebem níveis moderados de concentrado (até 5,32 e 3,5 kg/dia para animais zebuínos e cruzados de leite, respectivamente), e que apresentem ganhos de peso moderados (até 1,34 e 1,35 kg/dia para animais zebuínos e cruzados de leite, respectivamente). Deve-se considerar, que grande parte dos dados usados para construir essa equação foram obtidos em períodos de seca.

Tabela 2.12 - Estatística descritiva das variáveis utilizadas para validação da equação de predição do consumo de matéria seca para Zebuínos e cruzados de leite criados à pasto

Variável	N	Média	DP	Mínimo	Máximo
<b>Zebuínos</b>					
Peso corporal médio, kg	174	311	86,7	133	474
Peso corporal metabólico, kg	174	73,5	15,8	39,2	102
Ganho de peso médio diário, kg/dia	174	0,56	0,26	-0,18	1,34
Consumo de Matéria seca, kg/dia	174	6,65	2,18	1,98	12,3
Consumo de Suplemento, kg/dia	174	1,06	1,14	0,00	5,32
<b>Cruzados de leite</b>					
Peso corporal médio, kg	42	297	68,0	194	417
Peso corporal metabólico, kg	42	71,3	12,3	51,9	92,3
Ganho de peso médio diário, kg/dia	42	0,59	0,21	0,11	1,05
Consumo de Matéria seca, kg/dia	42	7,00	1,73	4,74	10,24
Consumo de Suplemento, kg/dia	42	0,87	1,00	0,00	3,50

N: número de unidades experimentais; DP: desvio padrão.

Tabela 2.13 - Estatística para relação entre os valores observados e os preditos pela equação de predição de consumo de matéria seca por bovinos criados à pasto

Item		
<b>Zebuínos criados a pasto</b>		
Intercepto		0,470
	Valor P <sup>1</sup> (H <sub>0</sub> : a = 0)	0,170
Inclinação		1,05
	Valor P <sup>2</sup> (H <sub>0</sub> : b = 1)	0,376
r <sup>2</sup>		0,670
Viés médio		0,761
Coefficiente de correlação concordante		0,741
Quadrado médio do erro de predição		2,13
Decomposição do Quadrado médio do erro de predição		
	Quadrado do vício	0,580 (27,19%)
	Magnitude de flutuação aleatória	0,007 (0,33%)
	Modelo de flutuação aleatória	0,007 (72,47%)
<b>Cruzados de leite</b>		
Intercepto		-0,882
	Valor P <sup>1</sup> (H <sub>0</sub> : a = 0)	0,153
Inclinação		1,10
	Valor P <sup>2</sup> (H <sub>0</sub> : b = 1)	0,237
r <sup>2</sup>		0,771
Viés médio		-0,168
Coefficiente de correlação concordante		0,851
Quadrado médio do erro de predição		0,665
Decomposição do Quadrado médio do erro de predição		
	Quadrado do vício	0,028 (4,23%)
	Magnitude de flutuação aleatória	0,018 (2,72%)
	Modelo de flutuação aleatória	0,018 (93,06%)

<sup>1</sup> Valor da probabilidade para teste de hipótese onde valor do parâmetro a = 0 (Neter et al., 1996). <sup>2</sup> Valor da probabilidade para teste de hipótese onde valor do parâmetro b = 1 (Neter et al., 1996).

Na terminação intensiva à pasto (TIP), em que o animal consome no pasto a mesma quantidade de concentrado que é fornecida quando está confinado, o BR-CORTE sugere usar a equação 2.1 para predição de CMS.

Os consumos estimados pelas equações 2.6 e 2.7 podem ser observados na Tabela 2.14, onde é possível observar variações de combinações entre peso corporal, ganho de peso diário e consumo de suplemento.

Tabela 2.14 - Consumos de matéria seca estimados para bovinos terminados a pasto de diferentes pesos corporais, ganhos de peso e consumos de suplemento (CMSs)

Peso corporal (kg)	Ganho de peso (kg/dia)	CMSs (kg/dia)	CMStotal (Eq. 2.6)	CMStotal (Eq. 2.7)
200	0,00	0,00	3,48	4,94
		0,80	4,10	5,56
		1,60	4,71	6,18
	0,50	0,00	3,65	5,11
		0,80	4,27	5,73
		1,60	4,89	6,35
	1,00	0,00	3,37	4,83
		0,80	3,99	5,45
		1,60	4,61	6,07
300	0,00	0,00	4,88	6,34
		1,20	5,81	7,27
		2,40	6,74	8,20
	0,50	0,00	5,05	6,52
		1,20	5,98	7,44
		2,40	6,91	8,37
	1,00	0,00	4,77	6,23
		1,20	5,70	7,16
		2,40	6,63	8,09
400	0,00	0,00	6,17	7,63
		1,60	7,41	8,87
		3,20	8,64	10,11
	0,50	0,00	6,34	7,80
		1,60	7,58	9,04
		3,20	8,81	10,28
	1,00	0,00	6,06	7,52
		1,60	7,30	8,76
		3,20	8,53	10,00
500	0,00	0,00	7,38	8,84
		2,00	8,92	10,39
		4,00	10,47	11,93
	0,50	0,00	7,55	9,01
		2,00	9,10	10,56
		4,00	10,64	12,11
	1,00	0,00	7,27	8,73
		2,00	8,81	10,28
		4,00	10,36	11,82

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

As equações para predição do consumo de matéria seca para bovinos confinados em condições tropicais são:

$$\text{Zebuínos: CMS (kg/dia)} = -2,1948 + 0,08338 \times PC^{0,75} + 3,9328 \times GMD - 0,9030 \times GMD^2$$

(Equação 2.1)

$$\text{Cruzados de corte: CMS (kg/dia)} = -0,6273 + 0,06453 \times PC^{0,75} + 3,871 \times GMD - 0,614 \times GMD^2$$

(Equação 2.2)

$$\text{Cruzados de leite: CMS (kg/dia)} = -2,8836 + 0,08435 \times PC^{0,75} + 4,5145 \times GMD - 0,9631 \times GMD^2$$

(Equação 2.3)

Alternativamente, podem-se usar as equações abaixo, quando se conhece o teor de concentrado a ser usado na formulação da dieta:

$$\text{Zebuínos: CMS (kg/dia)} = -1,303 + 0,0029 \times NC - 0,00005 \times NC^2 + 0,0843 \times PC^{0,75} + 2,243 \times GMD - 0,271 \times GMD^2$$

(Equação 2.4)

$$\text{Cruzados de corte: CMS (kg/dia)} = -4,8196 + 0,0081 \times NC - 0,00011 \times NC^2 + 0,1239 \times PC^{0,75} + 2,8189 \times GMD - 0,775 \times GMD^2$$

(Equação 2.5)

Para predizer o consumo de matéria seca por **bovinos em pastejo** são indicadas as seguintes equações:

$$\text{Zebuínos: CMS (kg/dia)} = -0,4684 + 0,7732 \times CMSs + 0,0742 \times PC^{0,75} + 0,7953 \times GMD - 0,9047 \times GMD^2$$

(Equação 2.6)

$$\text{Cruzados de leite: CMS (kg/dia)} = 0,9951 + 0,7732 \times CMSs + 0,0742 \times PC^{0,75} + 0,7953 \times GMD - 0,9047 \times GMD^2$$

(Equação 2.7)

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao professor Danilo Domingues Millen da Universidade Estadual Paulista – Campus Dracena (UNESP), aos professores Telma Berchielli e Ricardo Andrade Reis da Universidade Estadual Paulista – Campus Jaboticabal (UNESP), ao professor Ivanor Nunes do Prado da Universidade Estadual de Maringá (UEM), ao professor Fabiano Alvim Barbosa da Escola de

Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais (EV- UFMG), ao Professor Robério Rodrigues Silva da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, ao professor Ériton Egídio Lisboa Valente da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, à Nutripura Nutrição Animal LTDA, Confinamento Grande Lago, e Confinamento Cara Preta pela disponibilidade de dados de consumo individual e em grupo de bovinos provenientes de pesquisas nessas Instituições.

## REFERÊNCIAS

Associação Brasileira das Indústrias exportadoras de Carne – ABIEC. *Exportações Brasileiras de Carne Bovina*. 2021. Disponível em: <http://abiec.com.br/publicações/beef-report-2021>. Acesso em 15 de setembro de 2021.

Agricultural and Food Research Council – AFRC. *Energy and protein requirements of ruminants*. CAB International, Wallingford, Oxon, UK, 159p, 1993.

Allen, D. *Rationing Beef Cattle*. Chalcombe Publications, Church Lane, Kingston, UK, 79 p, 1992.

- Allen, M. S. Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 83:1598-1624, 2000.
- Allen, M. S. Physical constraints on voluntary intake of forages by ruminants. *Journal of Animal Science*, 74:3063-3075, 1996.
- Allen, M. S.; Bradford, B. J.; Harvatine, K. J. The cow as a model to study food intake regulation. *Annual Review of Nutrition*, 25:523-547, 2005.
- Alvares, C. A.; Stape, J. L.; Sentelhas, P. C.; De Moraes, G.; Leonardo, J.; Sparovek, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, 22:711-728, 2013.
- Anand, B. K.; Brobeck, J. R. Localization of a "feeding center" in the hypothalamus of the rat. *Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine*, 77:323-324, 1951.
- Anele, U. Y.; Domby, E. M.; Galyean, M. L. Predicting dry matter intake by growing and finishing beef cattle: Evaluation of current methods and equation development. *Journal of Animal Science*, 92:2660-2667, 2014.
- ANUALPEC – *Anuário da Pecuária Brasileira*. 22 Ed. São Paulo: Instituto FNP. 280 p. 2015.
- Azevêdo J. A. G.; Valadares Filho, S. C.; Pina, D. S.; Valadares, R. F. D.; Detmann, E. Predição de consumo de matéria seca por bovinos de corte em confinamento. In: Valadares Filho, S. C.; Marcondes, M. I.; Chizzotti, M. L.; Paulino, P. V. R. *Exigências nutricionais de zebuínos puros e cruzados – BR-CORTE*. 2.ed. Viçosa, MG: UFV, Suprema Gráfica Ltda, 193 p, 2010. pp 1-11.
- Azevêdo, J. A. G.; Valadares Filho, S. C.; Silva, L. F. C.; Santos, A. B.; Souza, L. L.; Rotta, P. P.; Rennó, L. N.; Prado, I. N. Regulation and prediction of dry matter intake In: Valadares Filho, S. D. C.; Silva, L. F. C.; Gionbelli, M. P.; Rotta, P. P.; Marcondes, M. I.; Chizzotti, M. L. *Exigências nutricionais de zebuínos puros e cruzados*. 3.ed. Viçosa, MG: UFV, Suprema Gráfica Ltda, 2016. pp 15-42.
- Bell, C. G.; Walley, A. J.; Froguel, P. The genetics of human obesity. *Nature Reviews Genetics*, 6:221-234, 2005.
- BRASIL, Ministério da Agricultura. Portaria 51, de 24 de maio de 1991. Proíbe a produção, importação, comercialização e uso de substâncias naturais ou artificiais, com atividade anabolizante, ou outras, dotadas dessa atividade para fins de crescimento e ganho de peso dos animais de abate. *Diário Oficial*, Brasília, 1991.
- Barducci, R. S.; Sarti, L. M. N.; Millen, D. D.; Putarov, T. C.; Franzói, M. C. S.; Ribeiro, F. A.; Perdigão, A.; Estevam, D. D.; Carrara, T. V. B.; Rigueiro, A. L. N.; Watanabe, D. H. M.; Cursino, L. L.; Martins, C. L.; Pereira, M. C. S.; Arrigoni, M. D. B. Restricted versus step-up dietary adaptation in Nellore bulls: Effects over periods of 9 and 14 days on feedlot performance, feeding behavior and rumen morphometrics. *Animal Feed Science and Technology*, 247:222-233, 2019.
- Bierman, S. J.; Pritchard, R. H. *Effect of feed delivery management on yearling steer performance*. 1996.
- 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.
- BR-CORTE. Valadares Filho, S. C.; Marcondes, M. I.; Chizzotti, M. L.; Paulino, P. V. R. *Nutrient Requirements of Zebu and crossbred cattle – BR-CORTE*, 2 ed. – Viçosa: UFV, DZO. 193 p. 2010.
- BR-CORTE. Valadares Filho, S. C.; Paulino, P. V. R.; Magalhães, K. A. *Exigências Nutricionais de Zebuínos e Tabelas de Composição de Alimentos – BR-CORTE*. 1. ed. – Viçosa: UFV, DZO. 142p. 2006.
- Brown, M. S.; Ponce, C. H.; Pulikanti, R. Adaptation of beef cattle to high-concentrate diets: Performance and ruminal metabolism. *Journal of Animal Science*, 84, E25-E33, 2006.
- Cervieri, R. C.; Carvalho, J. C. F.; Martins, C. L. Evolução do manejo nutricional nos confinamentos brasileiros: importância da utilização de subprodutos da agroindústria em dietas de maior inclusão de concentrado. In: Simpósio Internacional de Nutrição de Ruminantes – *Recentes avanços na nutrição de bovinos confinados*, Botucatu, 2009, Anais... Botucatu: Simpósio de Nutrição de Ruminantes, 2-22, 2009.
- Choi, B. R.; Palmquist, D. L. High fat diets increase plasma cholecystokinin and pancreatic polypeptide, and decrease plasma insulin and feed intake in lactating cows. *The Journal of Nutrition*, 126:2913-2919, 1996.
- Coleman S. W.; Sollenberger, L. E. Plant-herbivore interactions. In: Barnes, R. F.; Nelson, C. J.; Lick, C. W. (Ed.) *Forages: The Science of Grassland Agriculture*, Blackwell Publishing, Ames, I.A., 2:123-136, 2007.

- Coleman, S. W.; Lippke, H.; Gill, M. Estimating the nutritive potential of forages. In: Jung, H. G., Fahey Jr., C. G. (Ed.) *Nutritional ecology of herbivores: Proc. Vth Int. Symp. Nutr. Herbivores. Am. Soc. Anim. Sci.*, Savoy, IL, 647–695, 1999.
- Costa, V. A. C.; Detmann, E.; Paulino, M. F.; Valadares Filho, S. C.; Carvalho, I. P. C.; Monteiro, L. P. Consumo e digestibilidade em bovinos em pastejo durante o período das águas sob suplementação com fontes de compostos nitrogenados e de carboidratos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 40, n. 8, p.1788-1798, 2011.
- Crespo, C. S.; Cachero, A. P.; Jiménez, L. P.; Barrios, V.; Ferreira, E. A. Peptides and food intake. *Front Endocrinol (Lausanne)*, 5:58, 2014.
- Currie, P. J.; Mirza, A.; Fuld, R.; Park, D.; Vasselli, J. R. Ghrelin is an orexigenic and metabolic signaling peptide in the arcuate and paraventricular nuclei. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 289:R353-R358, 2005.
- Detmann, E. Fibra na nutrição de novilhas leiteiras. In: Pereira, E. S., Pimentel, P. G., Queiroz, A. C., Mizubuti, I. Y. (Ed.). *Novilhas leiteiras*. Gráfica: Fortaleza, 253–302, 2010.
- Detmann, E.; Paulino, M. F.; Zervoudakis, J. T.; Cecon, P. R.; Valadares Filho, S. C.; Gonçalves, L. C.; Cabral, L. S.; Melo, A. J. N. Níveis de proteína bruta em suplementos múltiplos para terminação de novilhos mestiços em pastejo durante a época seca: desempenho produtivo e características de carcaça. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 33:169-180, 2004.
- Detmann, E.; Queiroz, A. C. D.; Cecon, P. R.; Zervoudakis, J. T.; Paulino, M. F.; Valadares Filho, S. C.; Cabral, L. S.; Lana, R. P. Consumo de fibra em detergente neutro por bovinos em confinamento. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 32:1763-1777, 2003.
- Detmann, E.; Gionbelli, M. P.; Huhtanen, P. A. meta-analytical evaluation of the regulation of voluntary intake in cattle fed tropical forage-based diets. *Journal of Animal Science*, 92:4632-4641, 2014.
- Dietrich, M. O.; Horvath, T. L. Feeding signals and brain circuitry. *European Journal of Neuroscience*, 30:1688-1696, 2009.
- Estevam, D. D.; Pereira, I. C.; Rigueiro, A. L. N.; Perdigão, A.; Da Costa, C. F.; Rizzieri, R. A.; Perieira, M. C. S.; Martins, D. D.; Arrigoni, M. D. B. Feedlot performance and rumen morphometrics of Nellore cattle adapted to high-concentrate diets over periods of 6, 9, 14 and 21 days. *Animal*, 14:2298-2307, 2020.
- Ferreira, A. M. S.; da SILVA, S. P.; de FÁRIA, C. C. U.; Mendes, E. D. M.; Felipe, E. F. Comparisons between intake values observed and predicted by nutritional systems for confined Nellore cattle. *Bioscience Journal*, v. 37, n. e37093, p. 1981-3163, 2021.
- Forbes, J. M. A personal view of how ruminant animals control their intake and choice of food: minimal total discomfort. *Nutrition Research Reviews*, 20:132-146, 2007.
- Forbes, J. M.; Provenza, F. D. Integration of learning and metabolic signals into a theory of dietary choice and food intake. In: Cronje, P. (Ed.) *Ruminant Physiology: Digestion, Metabolism, Growth and Reproduction*. CAB International, Wallingford, U.K, 3-19, 2000.
- Fox, D. G.; Sniffen, C. J.; O’Conner, J. D. Adjusting nutrient requirements of beef cattle for animal and environmental variations. *Journal of Animal Science*, 66:1475-1495, 1988.
- Galyean, M. L.; Dilorenzo, N.; McMeniman, J. P.; Defoor, P. J. Alpha beef cattle nutrition symposium: Predictability of feedlot cattle growth performance. *Journal of Animal Science*, 89:1865-1872, 2011.
- Galyean, M. L.; Hubbert, M. E. Predicting intake by beef cattle—Relationship of dry matter intake to initial weight. *Clayton Livest. Res. Ctr. Prog. Rep.*, 80, 1992.
- Galyean, M. L.; Goetsch, A. L. Utilization of forage fiber by ruminants. In: Jung, H. G.; Buxton, D. R.; Hatfield, R. D.; Ralph, J. (Ed.) *Forage cell wall structure and digestibility*. Madison: ASA, CSSA, SSSA, 33-71, 1993.
- Grant, A. L.; Helderich, W. G. An overview of growth. In: Pearson, A. M.; Dutson, T. R. (Eds.). *Growth regulation in farm animals*. London: Elsevier Applied Science, 1-15, 1991.
- Harper, K. J.; McNeill, D. M. The Role iNDF in the Regulation of Feed Intake and the Importance of Its Assessment in Subtropical Ruminant Systems (the Role of iNDF in the Regulation of Forage Intake). *Agriculture*, 5:778-790, 2015.

- Hetherington, A. W.; Ranson, S. W. Hypothalamic lesions and adiposity in the rat. *The Anatomical Record*, 78:149-172, 1940.
- Huhtanen, P.; Rinne, M.; Nousiainen, J. Evaluation of the factors affecting silage intake of dairy cows: A revision of the relative silage dry matter intake index. *Animal*, 1:758-770, 2007.
- Huuskonen, A.; Huhtanen, P.; Joki-Tokola, E. The development of a model to predict feed intake by growing cattle. *Livestock Science*, 158:74-83, 2013.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. *Censo agropecuário 1920/2006*. Até 1996, dados extraídos de: Estatística do Século XX. Rio de Janeiro: IBGE, 2007. Disponível em: <http://seriesestatisticas.ibge.gov.br/series.aspx?vcodigo=AGRO02>. Acesso em 20 Junho 2015.
- Ingvartsen, K. L.; Andersen, H. R.; Foldager, J. Random variation in voluntary dry matter intake and the effect of day length on feed intake capacity in growing cattle. *Acta Agriculturae Scandinavica A – Animal Sciences*, 42:121-126, 1992.
- Jorge, A. M.; Fontes, C. A. A.; Soares, J. E., Freitas, J. D.; Rodrigues, L. R. R.; Queiroz, A. C.; Resende, F. D. Características quantitativas da carcaça de bovinos e bubalinos, abatidos em diferentes estádios de maturidade. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 26:1039-1047, 1997.
- Keady, T.; Mayne, C.; Kilpatrick, D. An evaluation of five models commonly used to predict food intake of lactating dairy cattle. *Livestock Production Science*, 89:129-138, 2004.
- Ketelaars, J. J.; Tolkamp, B. J. Oxygen efficiency and the control of energy flow in animals and humans. *Journal of Animal Science*, 74:3036-3051, 1996.
- Konturek, P. C.; Konturek, J. W.; Czesnikiewicz-Guzik, M.; Brzozowski, T.; Sito, E.; Konturek, S. J. Neuro-hormonal control of food intake: basic mechanisms and clinical implications. *Journal of Physiology and Pharmacology: An Official Journal of the Polish Physiological Society*, 56:5-25, 2005.
- Lage, I. N. K.; Paulino, P. V. R.; Pires, C. V.; Villela, S. D. J.; Duarte, M. S.; Valadares Filho, S. C.; Paulino, M. F.; Maia, B. A.; Silva, L. H. P.; Teixeira, C. R. V. Intake, digestibility, performance, and carcass traits of beef cattle of different gender. *Tropical Animal Health and Production*, 44:361-367, 2012.
- Lardy, G. P.; Adams, D. C.; Klopfenstein, T. J.; Patterson, H. H. Building beef cow nutritional programs with the 1996 NRC beef cattle requirements model. *Journal of Animal Science*, 82:E83-E92, 2004.
- Launchbaugh, K. L.; Dougherty, C. T. Grazing animal Behavior. In: Barnes, R. F.; Nelson, C. J.; Lick, C. W. (Ed.) *Forages: The Science of Grassland Agriculture*. v. 2, n.6, Blackwell Publishing, Ames, IA, 675-686, 2007.
- Lazzarini, I.; Detmann, E.; Sampaio, C. B.; Paulino, M. F.; Valadares Filho, S. C.; Souza, M. A.; Oliveira, F. A. Dinâmicas de trânsito e degradação da fibra em detergente neutro em bovinos alimentados com forragem tropical de baixa qualidade e compostos nitrogenados. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária*, 61:635-647, 2009.
- Leek, B.F. Sensory receptors in the ruminant alimentary tract. In: Milligan, L. P.; Grovum, W. L.; Dobson, A. (Eds.) *Control of Digestion and Metabolism in Ruminants*. Prentice Hall, New Jersey, 3-17, 1986.
- Loerch, S. C.; Fluharty, F. L. Physiological changes and digestive capabilities of newly received feedlot cattle. *Journal of animal science*, 77:1113-1119, 1999.
- Marcondes, M. I.; Valadares Filho, S. C.; Paulino, P. V. R.; Detmann, E.; Paulino, M. F.; Diniz, L. L.; Santos, T. R. Consumo e desempenho de animais alimentados individualmente ou em grupo e características de carcaça de animais Nelore de três classes sexuais. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 37:2243-2250, 2008.
- Mayer, J.; Thomas, D. W. Regulation of food intake and obesity. *Science*, v. 156, n. 3773, p. 328-337, 1967.
- McMeniman, J. P., Defoor, P. J.; Galyean, M. L. Evaluation of the National Research Council (1996) dry matter intake prediction equations and relationships between intake and performance by feedlot cattle. *Journal of Animal Science*, 87:1138, 2009.
- McMeniman, J. P.; Tedeschi, L. O.; Defoor, P. J.; Galyean, M. L. Development and evaluation of feeding-period average dry matter intake prediction equations from a commercial feedlot data base. *Journal of Animal Science*, 88:3009-3017, 2010.

- Menezes, G.L.; Azevêdo, J.A.G.; de Campos Valadares Filho, S.; de Oliveira, A.F.; e Silva, F.F.; de Assis Pires, F.P.A.; Pereira, M.I.B.; Gonçalves, L.C.; Borges, A.L.D.C.C.; Jayme, D.G. A new equation to predict dry matter intake by Nelore beef cattle in commercial feedlots in Brazil. *Livestock Science*, 260, 2022. p.104952.
- Mertens, D. R. Análise da fibra e sua utilização na avaliação de alimentos e formulação de rações. In: Simpósio Internacional de Ruminantes, 1992, Lavras. *Anais...* Lavras: SBZ, 188-219, 1992.
- Mertens, D. R. Regulation of forage intake. In: Fahey Jr., G. C.; Collins, M.; Mertens, D. R.; Moser, L. E. (Eds.) Forage Quality, Evaluation and Utilization. Madison: American Society of Agronomy, *Crop Science of America, Soil Science of America*, 450-493, 1994.
- Millen, D. D.; Pacheco, R. D. L.; Arrigoni, M. D. B.; Galyean, M. L.; Vasconcelos, J. T. A snapshot of management practices and nutritional recommendations used by feedlot nutritionists in Brazil. *Journal of animal science*, 87:3427-3439, 2009.
- Miner, J. L. Recent advances in the central control of intake in ruminants. *Journal of Animal Science*, 70:1283-1289, 1992.
- Minson, D. J. *Forage in ruminant nutrition*. San Diego: Academic Press, 483 p, 1990.
- Moore, J. E. Forage crops. In: Hoveland, C. S. (Ed.) *Crop quality, storage and utilization*. Madison: ASA and CSSA, 61-91, 1980.
- Moore, J. E.; Brant, M. H.; Kunkle, W. E.; Hopkins, D. I. Effects of supplementation on voluntary forage intake, diet digestibility, and animal performance. *Journal of Animal Science*, 77:122-135, 1999.
- National Research Council – NRC. Beef cattle. In: *Predicting Feed Intake of Food-Producing Animals*. Washington, DC, 56-74, 1987.
- National Research Council – NRC. *Nutrient requirements of beef cattle*. Updated 7th ed. National Academy Press, Washington, DC, 244 p, 2000.
- National Research Council – NRC. *Nutrient requirements of beef cattle*. 7th. rev. ed. Washington, DC, 244 p, 1996.
- National Research Council – NRC. *Nutrient requirements of beef cattle*. 6th. ed. Washington: National Academy Press, 90 p, 1984.
- National Research Council – NRC. *Nutrient requirements of dairy cattle*. 7th. rev. ed. Washington, D.C: National Academy Press, 381 p, 2001.
- Neal, H. D. C.; Thomas, C.; Cobby, J. M. Comparison of equations for predicting voluntary intake by dairy cows. *The Journal of Agricultural Science*, 103:1-10, 1984.
- Neter, J.; Kutner, M. H.; Nachtsheim, C. J.; Wasserman, W. *Applied Linear Statistical Models*, 4th Ed. New York: McGraw-Hill. 1996.
- Nkrumah, J. D.; Li, C.; Yu, J.; Hansen, C.; Keisler, D. H.; Moore, S. S. Polymorphisms in the bovine leptin promoter associated with serum leptin concentration, growth, feed intake, feeding behavior, and measures of carcass merit. *Journal of Animal Science*, 83:20-28, 2005.
- Oliveira, A. S. D.; Detmann, E.; Campos, J. M. D. S.; Pina, D. D. S.; Souza, S. M. D.; Costa, M. G. Meta-analysis of the impact of neutral detergent fiber on intake, digestibility and performance of lactating dairy cows. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 40:1587-1595, 2011.
- Oliveira, C. A.; Millen, D. D. Survey of the nutritional recommendations and management practices adopted by feedlot cattle nutritionists in Brazil. *Animal Feed Science and Technology*, 197:64-75, 2014.
- Parra, F. S.; Ronchesel, J. R.; Martins, C. L.; Perdigão, A.; Pereira, M. C. S.; Millen, D. D.; Arrigoni, M. D. B. Nelore bulls in Brazilian feedlots can be safely adapted to high-concentrate diets using 14-day restriction and step-up protocols. *Animal Production Science*, 59:1858-1867, 2019.
- Paulino, M. F.; Moraes, E.; Zervoudakis, J. T.; Alexandrino, E.; Figueiredo, D. Fontes de energia em suplementos múltiplos de auto-regulação de consumo na recria de novilhos mestiços em pastagens de *Brachiaria decumbens* durante o período das águas. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 34:957-962, 2005.
- Paulino, P. V. R.; Valadares Filho, S. C.; Detmann, E.; Valadares, R. F. D.; Fonseca, M. A.; Vêras, R. M. L.; Oliveira, D. M. Desempenho produtivo de bovinos Nelore de diferentes classes sexuais alimentados com dietas contendo dois níveis de oferta de concentrado. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 37:1079-1087, 2008.

- Pereira, M. C. S.; Dellaqua, J. V. T.; Sousa, O. A.; Santi, P. F.; Felizari, L. D.; Reis, B. Q.; Pinto, A. C. J.; Bertoldi, G. P.; Silvestre, A. M.; Watanabe, D. H. M.; Estevam, D. D.; Arrigoni, M. D. B.; Millen, D. D. Feedlot performance, feeding behavior, carcass and rumen morphometrics characteristics of Nelore cattle submitted to strategic diets prior the adaptation period. *Livestock Science*, 234:103985, 2020.
- Pinto, A. C.; Millen, D. D. Nutritional recommendations and management practices adopted by feedlot cattle nutritionists: the 2016 Brazilian survey. *Canadian Journal of Animal Science*, 99:392-407, 2018.
- Pittroff, W.; Kothmann, M. M. Quantitative prediction of feed intake in ruminants II. Conceptual and mathematical analysis of models for cattle. *Livestock Production Science*, 71:151-169, 2001.
- Ribeiro, J. S.; Ladeira, M. M.; Gonçalves, T. M.; Whately, M. A.; Bassi, M. S.; Vallone, M. M. Avaliação das predições de consumo de matéria seca obtidas por meio dos sistemas de exigências nutricionais para grupos zebuínos confinados. In: 45ª Reunião da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2008, Lavras. *Anais... 45ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia*. Lavras, 2008.
- Sampaio, C. B.; Detmann, E.; Lazzarini, I.; Souza, M. A. D.; Paulino, M. F.; Valadares Filho, S. C. Rumen dynamics of neutral detergent fiber in cattle fed low-quality tropical forage and supplemented with nitrogenous compounds. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 38:560-569, 2009.
- Schutz, J. S.; Wagner, J. J.; Sharman, E. D.; Davis, N. E.; Engle, T. E. Effect of feeding frequency on feedlot steer performance. *The Professional Animal Scientist*, 27:14-18, 2011.
- Silva, H. M.; Donadia, A. B.; Moreno, L. F.; de Oliveira, A. S.; Moraes, E. H. B. K.; Moraes, K. A. K. Prediction of dry matter intake by feedlot beef cattle under tropical conditions. *Animal Production Science* 61, no. 8. 2021. 800-806.
- Silvestre, A. M.; Millen, D. D. The 2019 Brazilian survey on nutritional practices provided by feedlot cattle consulting nutritionists. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 50, 2021.
- Simpfendorfer, S. *Relationship of body type, size, sex and energy intake to the body composition of cattle*. Dissertation. Cornell University., Ithaca, New York, 1974.
- Stanley, S.; Wynne, K.; McGowan, B.; Bloom, S. Hormonal regulation of food intake. *Physiological reviews*, 85:1131-1158, 2005.
- St-Pierre, N. R. Invited review: Integrating quantitative findings from multiple studies using mixed model methodology. *Journal of Dairy Science*, 84:741-755, 2001.
- Teixeira, J. C.; Hespanhol, A. N. A trajetória da pecuária bovina brasileira. *Caderno Prudentino de Geografia*, 36:26-38, 2015.
- Thornton, J. H.; Owens, F. N.; Gill, D. R. Feed intake by feedlot beef steers: Influence of initial weight and time on feed. Annual report-Oklahoma *Agricultural Experiment Station (USA)*, MP-117, 320, 1985.
- Triola, M. F. *Introdução à estatística*. Tradução Alfredo Alves de Farias. 7 ed. Rio de Janeiro: LTC, 133, 1999.
- Valadares Filho, S. C.; Azevêdo, J. A. G.; Pina, D. S.; Detmann, E.; Valadares, R. F. D. Predição do consumo de matéria seca de bovinos de corte em condições tropicais. In: VIII Congresso Internacional de Zootecnia e X Congresso Nacional de Zootecnia, Recife, 2006a, *Anais... Recife: Universidade Federal Rural de Pernambuco*, 1-26, 2006a.
- Van Soest, P. J. *Nutritional ecology of the ruminant*. 2. ed. Ithaca: Cornell University Press, 476 p, 1994.
- Véras, R. M. L.; Valadares Filho, S. C.; Azevêdo, J. A. G.; Detmann, E.; Paulino, P. V. R.; Barbosa, A. M.; Marcondes, M. I. Níveis de concentrado na dieta de bovinos Nelore de três condições sexuais: consumo, digestibilidade total e parcial, produção microbiana e parâmetros ruminais. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 37:951-960, 2008.
- Waldo, D. R.; Jorgensen, N. A. Forages for high animal production: nutritional factors and effects of conservation. *Journal of Dairy Science*, 64:1207-1229, 1981.

