

Consumo voluntário em ruminantes

Voluntary intake in ruminants

Elzânia Sales Pereira^{1*}; Alex Martins Varela de Arruda²; Ivone Yurika Mizubuti³;
Leandro das Dores Ferreira da Silva³

Resumo

Consumo voluntário pode ser definido como sendo a quantidade de alimento ingerido espontaneamente por um animal ou grupo de animais em um determinado período com livre acesso ao alimento. O consumo de nutrientes é um dos principais fatores limitantes da produção de ruminantes. A capacidade de um alimento ser ingerido pelo animal depende de vários fatores que interagem em diferentes situações de alimentação, comportamento animal e meio ambiente. A predição da ingestão em ruminantes é extremamente importante e difícil, devido às interações que ocorrem entre o animal e a dieta, existindo poucos dados disponíveis para subsidiar o uso de equações. Quando os animais são alimentados com volumosos de baixa qualidade, a ingestão pode ser predita com mais acurácia por fatores que descrevem o limite físico da ingestão e do peso vivo. Em dietas de melhor qualidade, a ingestão pode ser predita por fatores que descrevem a demanda fisiológica do animal. Maximizar o consumo de alimentos pelo animal é um componente chave no desenvolvimento de rações e estratégias de alimentação para otimizar a rentabilidade da produção.

Palavras-chave: Ingestão, repleção ruminal, ruminantes.

Abstract

The voluntary intake can be defined as being the food amount ingested spontaneously by an animal or group of animals during a determined period with free access to food. The nutrient intake is one of the main limiting factors of the ruminant production. The animal food intake capacity depends on several interactive factors in different feeding situations, animal behavior and environment. The ruminant feed intake prediction is extremely important and difficult, due the interactions that happen between the animal and the diet, existing few available information to subsidized the use of equations. When the animals are fed with forage of low quality, the food intake can be predicted with more precision by factors that describe the physical limit of the ingestion and live weight. In diets of better quality, the ingestion can be predicted by factors that describe physiologic demand of the animal. Maximize food intake by the animal is a key component in diets development and feeding strategies for optimizing the animal production.

Key words: Ingestion, ruminal repletion, ruminants.

¹ Doutora em Nutrição de Ruminantes, Professora do Curso de Zootecnia, UNIOESTE – PR, Campus de Marechal Cândido Rondon – Bolsista CNPq (elzania@hotmail.com)

² Doutor em Nutrição de Não Ruminantes, Professor do Curso de Zootecnia, UNIOESTE – PR Campus de Marechal Cândido Rondon

³ Doutores . Professores do Departamento de Zootecnia, UEL – PR

* Autor para correspondência.

Introdução

Os animais consomem o alimento para atender suas exigências em energia e outros nutrientes. Entretanto, se por alguma razão a natureza do volumoso disponível restringir o consumo alimentar, este limitará também o desempenho animal, cuja consequência direta é a redução da eficiência do processo produtivo.

O consumo voluntário de matéria seca (CMS, kg/d) é uma variável importante que influencia o desempenho animal. Através dele, pode-se determinar a quantidade de nutrientes ingeridos e se obter estimativas da quantidade de produto animal elaborado (MERTENS, 1987; VAN SOEST, 1994). O controle do consumo envolve estímulos de fome e saciedade, que operam por intermédio de vários mecanismos neurohumorais. Os mecanismos homeostáticos que regulam o consumo procuram assegurar a manutenção do peso corporal e as reservas teciduais durante a vida adulta. Os mecanismos homeorréticos ajustam o consumo para atender as exigências específicas de vários estágios fisiológicos, como crescimento, prenhez e lactação. O apetite ou impulso de alimentação é uma função dos requerimentos energéticos, determinados pelo potencial genético ou pela condição fisiológica (MERTENS, 1994). Sob condições de alimentação *ad libitum*, constitui-se em importante critério para as seguintes atividades: a formulação de dietas para bovinos leiteiros e gado de corte; o cálculo da área necessária de pastagens em sistemas extensivos e semi-intensivos; o estabelecimento de culturas de milho e sorgo para a ensilagem, bem como o controle de estoques de alimentos (THIAGO; GILL, 1990). Isto significa que o grau de exatidão de suas estimativas possui importância capital (MERTENS, 1992; NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 2001).

Definida sua importância, pode-se então justificar a existência e o contínuo surgimento de numerosos estudos que objetivaram comprovar hipóteses a respeito dos mecanismos de regulação do consumo voluntário. Este, como tem sido proposto, pode ser

regulado por três mecanismos: o psicogênico, que envolve o comportamento do animal diante de fatores inibidores ou estimuladores relacionados ao alimento ou ao ambiente; o fisiológico, onde a regulação é dada pelo balanço nutricional, e o físico, relacionado com a capacidade de distensão do rúmen do animal (MERTENS, 1994). Por esta razão, tamanho e condição corporal, raça e “status” fisiológico e as características da dieta são fatores universalmente aceitos como determinantes do consumo voluntário.

A fibra em detergente neutro (FDN) é um fator dietético bastante representativo do volume ocupado pelo alimento (VAN SOEST, 1994), sendo, portanto, inversamente relacionado à densidade energética. A FDN em dietas com elevada proporção de fração fibrosa preenche os espaços do rúmen-retículo, levando maior tempo do que os conteúdos celulares para deixar este compartimento utilizando-se de mecanismos de digestão, ruminação e passagem.

O desenvolvimento de modelos mecanicistas para a descrição dos processos relacionados ao trato gastrointestinal, tem suporte em estudos cinéticos (MERTENS 1993; ORSKOV; McDONALD, 1981; VAN MILGEN et al., 1991), os quais permitiram a identificação da fração indigestível dos constituintes da parede celular vegetal. Este contribuiu consideravelmente para o estabelecimento do nível de repleção ruminal da FDN (VAN SOEST, 1994), efetivamente ocupando espaços que poderiam ser preenchidos com materiais digestíveis, que por sua vez contribuiriam no atendimento à demanda energética do animal.

Em face do exposto, este trabalho tem como objetivo apresentar uma revisão geral sobre ingestão voluntária de nutrientes.

Formas de Expressar a Ingestão de Nutrientes

Em geral, a ingestão de matéria seca eleva-se com o aumento do peso vivo do animal. Assim, algumas variações podem ser removidas, expressando-se a ingestão como uma taxa do peso animal.

Tradicionalmente, pesquisadores americanos expressam a ingestão de MS como porcentagem do peso vivo (% PV), o que equivale a PV^{-1} . No entanto, pesquisadores europeus expressam a ingestão por unidade de tamanho metabólico (UTM) a qual equivale ao $PV^{0,73}$ (BRODY, 1945) ou $PV^{0,75}$ (KLEIBER, 1975). Dentro de uma mesma espécie, o nível de ingestão pode também ser relacionado ao peso metabólico, como observado por Blaxter et al. (1961 apud Forbes, 1995), porém a um expoente maior, em dietas de pior qualidade.

Waldo (1970), enfatizou que o uso da UTM é mais eficaz para expressar a ingestão, pois é uma forma de expressar o metabolismo de energia como uma base de expressão do requerimento de manutenção. Assim, a expressão da ingestão em uma mesma base (UTM), provém uma simples medida de ingestão como um múltiplo da manutenção. Entretanto, revendo os mecanismos de controle da ingestão, mecanismos físico e fisiológico, verificou-se que a base do peso corporal (PV^{-1} ou $PV^{0,75}$) consideradas apropriadas para expressar a ingestão, pode não ser a mesma para cada mecanismo.

Kleiber (1975), postulou que os animais consomem energia em proporção ao tamanho do corpo metabólico. Contrariamente, Van Soest (1982), a partir de observações em espécies herbívoras, propôs que a ingestão é proporcional ao PV^{-1} , desenvolvendo esse conceito a partir da relação entre conteúdo estomacal e PV. Demment e Van Soest (1985) sumarizaram dados de conteúdo estomacal de herbívoros selvagens variando o peso desde 10^{-2} até 10^4 kg e observaram que o conteúdo estomacal foi relacionado ao PV e um expoente 1,032, o qual não foi significativamente diferente de 1,0. Assim, Van Soest (1982), concluiu que a ingestão poderia ser relacionada à mesma função do PV como é o conteúdo estomacal. Nesta conclusão está implícito que os animais limitam a ingestão em relação ao conteúdo "fill" estomacal. Isso difere de Kleiber (1975), que assumiu que a ingestão poderia ser relacionada ao peso metabólico, em virtude do requerimento de energia ser relacionado ao mesmo, para animais alimentados com dietas ricas em energia.

A relação aceita entre a ingestão e o peso vivo

pode não ser a mesma para um grupo de animais em crescimento e engorda. Segundo Forbes (1995) a predição da ingestão em função do conteúdo de energia líquida da dieta mostrou que, a ingestão por unidade de tamanho metabólico é estável até 350 kg de peso vivo, mas diminui acima desse peso. Quando a ingestão em bovinos em crescimento é plotado contra o seu peso metabólico ($PV^{0,73}$) ocorre um declínio com o aumento do peso. Dados de Forbes (1971, 1982 apud FORBES, 1995), mostraram que o peso é relacionado a um expoente menor, ou seja, relacionado a 0,6 para animais em crescimento. Assim, o valor pode variar dentro de raça e de condições de manejo. Rogerson et al. (1968 apud FORBES, 1995), trabalharam com animais Hereford alimentados com dieta peletizada e encontraram valores de 0,50; Beranger e Mincol (1980 apud FORBES, 1995), usando dieta a base de silagem e concentrado, encontraram valores de 0,6. Karue et al. (1973 apud FORBES, 1995), avaliando nove dietas com diferentes concentrações energéticas, usando Zebu em crescimento, encontraram um expoente médio de 0,79; porém em dietas individuais com 71, 61 e 54 % de FDN, o expoente foi de 0,87; 0,69 e 0,56, respectivamente. Sugeriram que quando os animais são submetidos a dietas de baixa qualidade, a ingestão é predita com mais acurácia por fatores que descrevem o limite físico da ingestão-digestibilidade da dieta, "output" fecal (índice da capacidade física) e peso vivo. Porém, quando os animais são submetidos a dietas de melhor qualidade, a ingestão seria predita por fatores metabólicos como demanda fisiológica do animal.

A relação entre a ingestão e o peso vivo animal é importante para assegurar a qualidade da forragem. Algumas das controvérsias da literatura entre a qualidade da forragem podem estar relacionadas ao uso de diferentes bases de peso vivo para expressar a ingestão.

Segundo Mertens (1994), não há uma base única de peso vivo que possa ser usada para uma ampla variação de qualidades dietéticas que possa remover variações de peso animal, pois ambos os sistemas de controle físico e fisiológico de ingestão, não são

influenciados pela mesma relação com o peso vivo do animal. Para dietas ricas em energia, variações na ingestão entre animais podem ser minimizadas pela expressão da ingestão em termos de unidade de tamanho metabólico, a qual provavelmente é limitada pela demanda energética e esta é, geralmente relacionada ao tamanho do corpo metabólico. Contrariamente, em dietas de baixa energia, o potencial de ingestão intrínseco de uma dieta poderá refletir o seu efeito de repleção, mais do que a demanda energética do animal que se alimenta da mesma.

Equações de Predição

Existem dois métodos gerais para obtenção das estimativas do CMS: estudos empíricos e estudos conceituais ou mecanicistas; todavia, deve-se ressaltar que a divisão entre eles não é tão evidente. O primeiro envolve a medição de variáveis como o CMS (variável dependente) e de várias outras que se relacionem às características dos animais em questão, ao seu ambiente físico e às características inerentes das dietas e seus constituintes (variáveis independentes). Definidas as variáveis envolvidas, pode-se selecioná-las estatisticamente, por meio de técnicas de análise de regressão, com o objetivo de estabelecer uma relação funcional entre as mesmas (MERTENS, 1987; VAN SOEST, 1994; FORBES, 1995). Por exemplo: o CMS médio de vacas leiteiras (kg/d) em vários períodos experimentais (variável dependente), alimentadas sob variadas condições de ambiente e alimentação, bem como seu peso (M, kg), seu ganho em peso (G, kg/d) e sua produção diária de leite (PL, kg/d), tomadas como variáveis independentes, foram levantadas a partir de dados da literatura, resultando na expressão: $CMS = aM + bG + cPL$. Esta equação poderia ser utilizada para prever o CMS de outros animais nas mesmas condições. As relações funcionais estabelecidas empiricamente são a forma mais comum de obtenção das estimativas do CMS. Embora as variáveis utilizadas na obtenção da equação (1) apresentem implicitamente alguma relação entre causa e efeito, o estabelecimento desta não é claro: não se sabe se a produção de leite ou os ganhos de peso são a causa

da variação observada na variável dependente, de acordo com o modelo utilizado, ou se elas são um efeito do CMS do animal em determinado momento (MERTENS, 1987; VAN SOEST, 1994; FORBES, 1995).

O segundo método de predição envolve a incorporação de princípios biológicos e funções que descrevem as relações entre as variáveis envolvidas na regulação do consumo. Tais métodos apresentam estimativas menos precisas, no entanto, sua aplicação permite ampla generalização (FORBES, 1995). Neste caso, a predição do CMS em ruminantes para um amplo intervalo de características dietéticas e dos animais em questão, deve partir de conceitos teóricos, usados para desenvolver equações (MERTENS, 1997).

Método Empírico

O tamanho do animal, sua demanda energética e as características de sua dieta são fatores universalmente aceitos como determinantes do consumo voluntário, sendo portanto justificável, a realização de medições nesse sentido. Através da técnica de análise de regressão múltipla, as relações funcionais entre o CMS e tais variáveis podem ser estabelecidas para as espécies de ruminantes domésticos (FORBES, 1995). Via de regra, os cientistas reúnem informações publicadas em teses, periódicos e boletins de pesquisa de estações experimentais. É feito um levantamento pormenorizado das características dos animais utilizados, do período experimental, da dieta e do ambiente físico. Então os dados são classificados de acordo com os critérios estabelecidos (AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL, 1980; AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL, 1984; FOX et al., 1992; AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL, 1993; NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1996; NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 2001). Os animais podem ser divididos quanto ao tipo racial, tipo zootécnico e em diferentes categorias (crescimento, terminação, lactação e ou/gestação); são levantadas as características da dieta (composição bromatológica e alimentos constituintes) e do ambiente

físico do animal (sistemas de criação, condições de manejo e bioclimatologia). As variáveis referentes às características dietéticas (composição bromatológica, densidade energética, teor de nitrogênio amoniacal e digestibilidade da matéria orgânica), também podem ser consideradas isoladamente.

Por meio de técnicas em análise de regressão, são selecionadas as variáveis mais importantes, cuja relação funcional com o CMS é descrita por uma equação que apresente o melhor ajuste em relação aos dados. Os dados relativos ao ambiente físico podem ser utilizados como fatores de correção do consumo preditos face às condições de manejo e às adversidades do clima, tais como: a quantidade de lama nos confinamentos, a temperatura efetiva do ambiente e o regime de criação, ou seja, se pasto ou confinamento, além de correções para aditivos dietéticos e/ou implantantes anabolizantes (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1987).

Método Conceitual ou Mecanicista

A fibra em detergente neutro (FDN) é um fator dietético bastante representativo do volume ocupado pelo alimento (VAN SOEST, 1994), sendo, portanto, inversamente relacionada à densidade (FORBES, 1995). Modelos simples, que descrevem o consumo e os eventos relacionados à digestão dos nutrientes no trato gastrointestinal (TGI) dos ruminantes, foram desenvolvidos por Mertens em 1973. Nesses modelos, a FDN ingerida preenche os espaços do rúmen-retículo, levando maior tempo do que os conteúdos celulares para deixar esse compartimento pelos mecanismos de digestão, ruminação e passagem. Com base nessas informações e no perfil bifásico observado para a dispersão do CMS em função da concentração de energia digestível (ED, Mcal/kg da dieta), Conrad, Pratt e Hibbs (1964) e Mertens (1987), desenvolveram um modelo estático para prever o CMS a partir da capacidade de consumo de FDN dos animais e na proporção adequada de forragem para permitir o consumo máximo de MS da dieta.

O desenvolvimento de modelos mecanicistas para a descrição em termos quantitativos dos processos

relacionados ao TGI dos ruminantes, tem alicerce nos estudos cinéticos iniciados por Waldo (1970) e que tem recebido várias outras contribuições (MERTENS 1977; ORSKOV; MCDONALD, 1979; MCDONALD, 1981; VAN MILGEN; MURPHY; BERGER, 1991; DHANOA et al., 1995). Esses modelos permitiram a identificação da fração indigerível dos constituintes da parede celular vegetal, que contribui consideravelmente para o estabelecimento do nível de repleção ruminal da FDN (WALDO; SMITH; COX, 1972; PEREIRA et al., 2000). Com base nas observações de Balch e Campling (1962) de que os resíduos indigeríveis consumidos seriam responsáveis pelo efeito da repleção ruminal com conseqüente redução do consumo voluntário, pode-se hipotetizar que o termo Capacidade de Consumo de FDN substituído no modelo estático de Mertens (1987) pela capacidade de Consumo de Resíduos Indigeríveis da FDN, dada sua maior proporção sobre o efeito de repleção ruminal e de sua estabilidade dentro do TGI efetivamente ocupariam espaços que poderiam ser preenchidos com materiais digeríveis. Estes, que por sua vez contribuiriam no atendimento à demanda energética do animal (PEREIRA et al., 2001).

Conclusão

O consumo de alimentos pelos ruminantes pode ser regulado por diversos mecanismos, por esta razão, o tamanho, a condição corporal, a capacidade de distensão ruminal, a raça e o "status" fisiológico são características que influenciam o consumo, pois alteram os requerimentos dos animais.

Referências

- AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL. *Energy and protein requirements of ruminants*. Cambridge: CAB International, 1993.
- AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL. *The Nutrient requirements of ruminant livestock*. Cambridge: CAB International, 1984. Supplement, 1.
- AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL. *The Nutrient requirements of ruminant livestock*, Cambridge: CAB International, 1980.

- BALCH, C. C.; CAMPLING, R. C. Regulation of voluntary food intake in ruminants. *Nutrition Abstracts and Reviews*, Bucksburn, v.32, Series-B, p. 669-682, 1962.
- BRODY, S. *Bioenergetics and growth with special reference to the efficiency complex in domestic animals*. Baltimore: Reinhold Publishing Corporation, 1945.
- CONRAD, H. R.; PRATT, A. D.; HIBBS, J. W. Regulation of feed intake in dairy cows. I- Change in importance of physical and physiological factors limiting feed intake. *Journal of Animal Science*, Savoy, v.25, p. 54-62, 1964.
- DEMMENT, M. W.; VAN SOEST, P.J. A nutritional explanation for body-size patterns of ruminant and non-ruminant herbivores. *American Naturalist*, Pittsburgh, v.25, p. 641-672, 1985.
- DHANO, M. S.; FRANCE, J.; SIDONS, R. C.; LOPEZ, S.; BUCHANAN-SMITH, J.G. Non-linear compartmental model to describe forage degradation kinetics during incubation in polyester bags in the rumen. *British Journal of Nutrition*, Wallingford, v.51, p.173-179, 1995.
- FORBES, J. M. *Voluntary food intake and diet selection by farms animals*. Cambridge: CAB International, 1995.
- FOX, D. G.; SNIFFEN, C. J.; O'CONNOR, J. D.; RUSSELL, J. B.; VAN SOEST, P. J. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets III. Cattle requirements and diet adequacy. *Journal Animal Science*, Savoy, v.70, p.3578-3596, 1992.
- KLEIBER, M. *The fire of life*. 2thed. New York: Robert E. Krieger Publishing, 1975.
- MCDONALD, I. A revised model for the estimation of protein degradability in the rumen. *Journal of Agricultural Science*, Cambridge, v. 96, 251-252, 1981.
- MERTENS, D. R. Creating a system for meeting the fibre requirements of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, Savoy, v.80, p.1463-1481, 1997.
- _____. Dietary fiber components: relationship to the rate and extent of ruminal digestion. *Federation Proceedings*, Bethesda, v.36, p.187-192, 1977.
- _____. Predicting intake and digestibility using mathematical models of ruminal function. *Journal Animal Science*, Savoy, v.64, n.6, p.1548-1558, 1987.
- _____. Regulation of forage intake. In: FAHEY, J. F.G. C. (Ed.). *Forage quality evaluation and utilization*. Madison: American Society of Agronomy, 1994. p.450-493.
- _____. Análise da fibra e sua utilização na avaliação e formulação de rações. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE RUMINANTES, REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 29., 1992, Lavras. *Anais...* Lavras: SBZ, 1992. p.188 – 219.
- _____. Rate and extent of digestion. In: FORBES, J.M., FRANCE, J. (Eds). *Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism*. Cambridge: Commonwealth Agricultural Bureaux, 1993. Chap. 2, p.13-51.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Nutrients requirements of beef cattle. 7th ed. Washington, 1996.
- _____. *Nutrients requirements of dairy cattle*. 7th ed. Washington: National Academy Press, 2001.
- _____. *Predicting feed intake of food-producing animals*, Washington, 1987.
- ORSKOV, E. R.; MCDONALD, I. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighed according to rate of passage. *Journal of Agricultural Science*, Cambridge, v. 92, p. 499-503, 1979.
- PEREIRA, E. S.; QUEIROZ, A. C.; PAULINO, M. F.; CECON, P. R.; VALADARES FILHO, S. C.; MIRANDA, L. F.; ARRUDA, A. M. V.; FERNANDES, A. M. ; CABRAL, L. S. Fontes nitrogenadas e o uso de *Sacharomyces cerevisiae* em dietas à base de cana-de-açúcar para novilhos: consumo, digestibilidade, balanço nitrogenado e parâmetros ruminais. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v.30, n.2, p.563-572, 2001.
- PEREIRA, E. S.; QUEIROZ, A. C.; PAULINO, M. F.; CECON, P. R.; VALADARES FILHO, S. C.; MIRANDA, L. F.; FERNANDES, A. M.; CABRAL, L. S. Determinação das frações protéicas e de carboidratos, e taxas de degradação in vitro da cana-de-açúcar e farelo de algodão. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v.29, n.6, p 1887-1893, 2000.
- THIAGO, L. R. L. S.; GILL, M. *Consumo voluntário: fatores relacionados com a degradação e passagem da forragem pelo rúmen*. Campo Grande: EMBRAPA-CNPGC, 1990.
- VAN MILGEN, J.; MURPHY, M. R.; BERGER, L. L. A compartmental model to analyze ruminal digestion. *Journal of Dairy Science*, Savoy, v.74, n.9, p.2515-2529, 1991.
- VAN SOEST, P. J. *Nutritional ecology of the ruminant*. 2.ed. New York: Cornell University Press, 1994.
- _____. *Nutritional ecology of the ruminant*. Corvalis: O & Books, 1982.
- WALDO, D. R. Factors influencing the voluntary intake of forages. In: NATIONAL CONFERENCE ON FORAGE QUALITY EVALUATION AND UTILIZATION, 1970, Lincoln: *Proceeding...* Lincoln: Nebraska Center for Continuing Education, 1970. p. F1-E12.
- WALDO, D. R.; SMITH, I. W.; COX, L. L. Model of cellulose disappearance from the rumen. *Journal of Dairy Science*, Savoy, v.55, p. 125-129, 1972.