

# Mecanismos reguladores de consumo em bovinos de corte

Fatores físicos, fatores químicos, fatores psicogênicos, ingestão de água.

Bruna Cristhina de Oliveira<sup>1</sup>

Graciele Araújo de Oliveira Caetano<sup>2</sup>

Messias Batista Caetano Júnior<sup>3</sup>

Taynara Raimundo Martins<sup>1</sup>

Cláudia Beatriz de Oliveira<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Mestranda em Produção de Ruminantes, UFG – EVZ, Goiânia-GO.

<sup>2</sup> Doutoranda em Produção de Ruminantes. Universidade Federal de Goiás, UFG – EVZ, Goiânia-GO; Professora da Faculdade de Jussara, Jussara-GO. gracielecaetano@outlook.com.

<sup>3</sup> Zootecnista, Especialista em Gerenciamento de Projetos. IFMG, Bambuí – MG.

<sup>4</sup> Tecnóloga em Análise de Sistemas, Instituto Federal Goiano, IFG – Iporá-GO.

## RESUMO

Mecanismos que regulam o consumo de bovinos de corte são aspectos relevantes para estudo da Nutrição de Ruminantes, já que será a partir de tais informações que será possível entender como ocorre a seleção e a ingestão dos alimentos pelos animais. Serão discutidos, em uma abordagem individualizada, os mecanismos que regulam o consumo de animais ruminantes, como fatores físicos, químicos e psicogênicos, metabólicos, neuro-hormonais e ingestão de água. A partir dessa revisão de literatura será possível perceber que o consumo de matéria seca dos bovinos é o resultado dessa interação complexa dos diversos reguladores intrínsecos ao animal, ambiente e alimento. Conhecendo os mecanismos reguladores será possível maximizar o consumo, o que poderá proporcionar melhor desempenho produtivo e consequentemente maior lucratividade da atividade pecuária.

**Palavras-chave:** fatores físicos, fatores químicos, fatores psicogênicos, ingestão de água.



# Nutri-Time

Revista Eletrônica

Vol. 14, Nº 04, jul./ago. de 2017

ISSN: 1983-9006

[www.nutritime.com.br](http://www.nutritime.com.br)

A Nutritime Revista Eletrônica é uma publicação bimestral da Nutritime Ltda. Com o objetivo de divulgar revisões de literatura, artigos técnicos e científicos bem como resultados de pesquisa nas áreas de Ciência Animal, através do endereço eletrônico: <http://www.nutritime.com.br>.

Todo o conteúdo expresso neste artigo é de inteira responsabilidade dos seus autores.

## REGULATORY MECHANISMS OF CONSUMPTION IN BEEF CATTLE ABSTRACT

Mechanisms that regulate the consumption of beef cattle are relevant in Ruminants Nutrition study, since it will be from such information that it will be possible to understand how selection and ingestion of food by the animals occurs. Mechanisms of consumption regulating of ruminant animals, such as physical, chemical and psychogenic factors, metabolic, neurohormonal and water intake, will be discussed in an individualized approach. From this literature review it will be possible to know that the dry matter intake of cattle is the result of this complex interaction of the various regulators intrinsic to the animal, environment and food. Knowing the regulatory mechanisms will be possible to maximize consumption, which may provide better productive performance and consequently greater profitability of livestock activity.

**Keyword:** physical factors, chemical factors, psychogenic factors, water intake.

## INTRODUÇÃO

O consumo voluntário refere-se à quantidade máxima de matéria seca que o animal ingere espontaneamente. A quantidade de alimento ingerido *ad libitum* é um fator fundamental, que frequentemente limita, no caso das forragens, a quantidade de energia e de elementos nutritivos ao ruminante (ALVES et al., 2001).

Na alimentação animal é extremamente importante o conhecimento sobre os mecanismos que controlam a seleção e ingestão de alimentos, já que a ingestão de alimentos depende da quantidade total de nutrientes que o animal precisa para crescimento, saúde e produção. Os nutrientes absorvidos dependem da digestibilidade, mas o consumo é responsável pela maior parte das diferenças entre os alimentos, e nesse contexto a digestibilidade está relacionada com a cinética e taxa de passagem da digesta pelo trato digestivo (SILVA, 2011).

Diante da importância econômica do consumo adequado dos nutrientes nas dietas de ruminantes para o melhor aproveitamento das mesmas, objetivou-se com esta revisão identificar e discutir de que maneira os fatores de regulação interferem no consumo de alimentos pelos ruminantes.

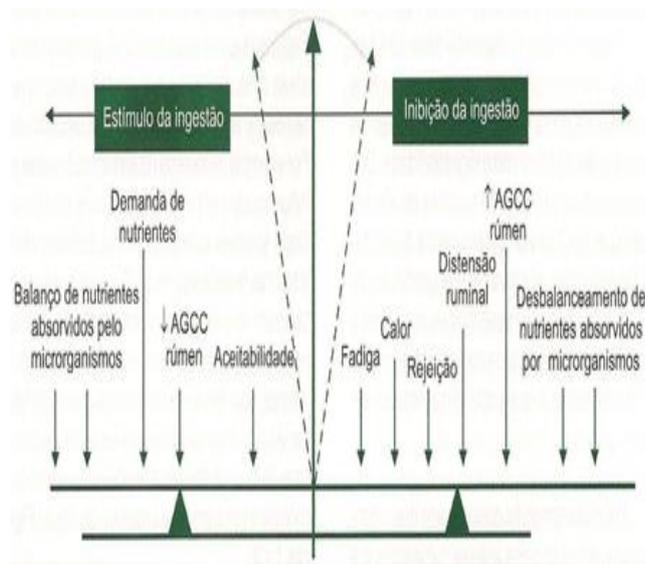
## REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### Fatores reguladores do consumo

Os ruminantes aprendem a associar as consequências pós ingestivas de um alimento com suas propriedades sensoriais, e usam suas preferências ou aversões condicionadas para fazerem a seleção dos alimentos (FORBES; PROVENZA, 2000).

A partir da Figura 1 podem ser observados, de forma esquemática, os principais fatores que atuam na regulação do consumo.

**FIGURA 1:** Balanço de fatores que influenciam a ingestão de alimentos em ruminantes

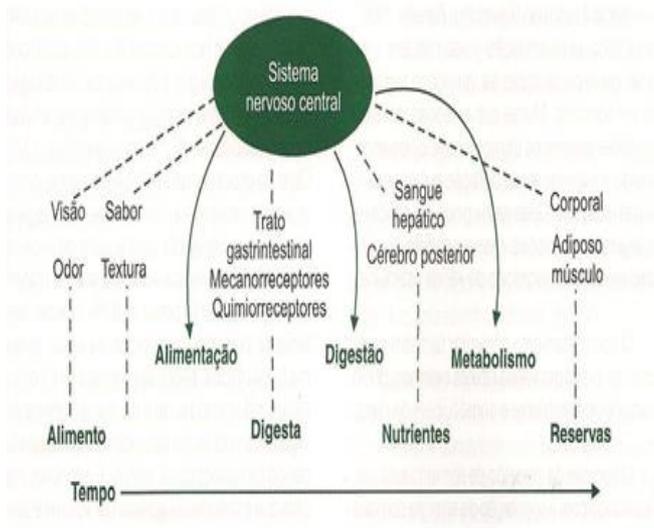


Fonte: (PRESTON; LENG, 1987).

Anteriormente acreditava-se que aceitabilidade era uma característica do alimento, no entanto, agora é vista como uma função individual do animal (FORBES, 1999). Hoje, sabe-se que é possível fazer com que animais que preferiam anteriormente um alimento de sabor adocicado (palatável) demonstrar aversão a esse sabor através da associação a um estímulo não condicionado desagradável (FORBES; PROVENZA, 2000).

Os nutrientes requeridos pelos animais são regulados por uma cascata de retroalimentação (*feedback*) estabelecida a partir da visão e cheiro do alimento, gosto, efeitos gástrico e intestinal, respostas do fígado, sinais ligados ao sangue e deposições teciduais inadequados (Figura 2). Essa reação é capaz de ser usada para criar associações de comandos e continuidade da alimentação que são usados na seleção de alimentos a serem ingeridos e no controle da ingestão voluntária do alimento (O consumo de alimento em ruminantes é regulado por mecanismos que atuam a longo e em curto prazo. No entanto, o local primário responsável pelo controle integrado da ingestão de alimento e equilíbrio energético no corpo é o sistema nervoso central (SNC), embora muitos mecanismos específicos não sejam totalmente entendidos.

**FIGURA 2:** Cascata da saciedade



Fonte: (FORBES; PROVENZA, 2000).

**TABELA 1.** Efeito de entrega de alimentação (1, 2, ou 3 x por dia) e de paridade (PP= primíparas; mp= multíparas) em IMS, comportamento de alimentação, taxa de alimentação, tipo de dieta e comportamento e duração de consumo por dieta

VARIÁVEIS	1x		2x			
	PP	MP	PP	MP	PP	MP
IMS (kg/d)	24.3	30.6	24.3	29.7	24.4	31.1
Comportamento	238.6	219.9	247.0	220.6	234.3	219.3
Alimentação (min/d)						
Taxa alimentação (kg/min)	0.11	1.15	0.10	0.14	0.11	0.14
Frequência fornecimento dieta (dietas/d)	9.3	9.5	9.3	9.6	9.5	9.6
Tipo dieta (kg/dieta)	2.7	3.3	2.7	3.2	2.7	3.3
Duração por dieta (min/dieta)	26.7	23.6	27.9	23.3	26.0	23.6

<sup>1</sup>Dados calculados em 7 d por 12 vacas em cada tratamento. <sup>2</sup> P = paridade; T = frequência de entrega de alimentos para animais; P x T = interação. <sup>3</sup> Comprimento (min) e tamanho (kg) da primeira refeição consumida após o retorno de ordenha, com base em critérios vaca refeição individual.

Fonte: Hart et al. (2014).

Sendo assim, Mertens (1994) e Coelho da Silva (2006) atribuíram o controle da ingestão de alimentos a três mecanismos básicos: o físico, que está associado à capacidade de distensão do rúmen-retículo em função do teor de fibra em detergente neutro (FDN) da ração; o fisiológico, que é regulado pelo balanço nutricional da dieta, especi-

ficamente relacionado à manutenção do equilíbrio energético; e a regulação psicogênica, relacionada à resposta do animal a fatores inibidores ou estimuladores no alimento ou no manejo alimentar. Sobre essa questão, Silva (2011) afirma que além dos fatores físicos, existem também os fatores químicos e metabólicos que estão relacionados com informações geradas por receptores não suficientes para o SNC saber exatamente a quantidade de nutrientes ingeridos; e fatores neuro-hormonais que está relacionado com os hormônios que sinalizam a regulação do consumo.

**Fatores físicos**

Sabe-se que o consumo voluntário de matéria seca está limitado pela capacidade de distensão física do rúmen. Dessa forma, quando os animais se alimentam de dietas palatáveis, porém em alta quantidade e baixas em concentração energética, o consumo é limitado por restrição na capacidade de enchimento do trato digestivo (MERTENS, 1994).

O consumo é limitado pelo tempo necessário para processar a forragem ingerida (mastigação) em partículas suficientemente pequenas que possam deixar o rúmen, ou seja, o tempo total de mastigação por unidade de forragem consumida, o tempo gasto ruminando e o tempo gasto comendo está correlacionado com a qualidade da forragem (NASCIMENTO et al., 2009).

As características físicas e químicas da dieta, como conteúdo de fibra da dieta, tamanho de partícula, fonte da fibra, digestibilidade da fração FDN (fibra em detergente neutro), fragilidade da partícula, facilidade de hidrólise do amido e fibra, produtos da fermentação de silagens, concentração e características da gordura suplementada, além da quantidade e a degradação da proteína podem afetar grandemente o consumo de matéria seca de animais ruminantes, ao determinarem a integração dos sinais envolvidos na regulação do mesmo (NASCIMENTO et al., 2009).

O teor de FDN da dieta é um dos principais determinantes da regulação física do consumo tornando-se o fator que mais afeta o consumo à medida que o requerimento energético do animal e o

efeito de enchimento das dietas aumentam, devido sua baixa velocidade de digestão, sendo associado com a capacidade de enchimento do trato digestivo (ALLEN, 2000).

Segundo Detmann et al. (2014) após realizar uma meta-análise com dados de 53 estudos com vacas em lactação e 126 estudos com bovinos confinados em crescimento e terminação publicados em Brasil de 1990 a 2012 para avaliar a regulação da ingestão voluntária em bovinos alimentados à vontade com dietas à base de forragens tropicais concluiu que a IMS diminuiu linearmente conforme a fração FDN da dieta aumentou, onde o consumo voluntário foi regulado pelas limitações físicas e metabólicas dos animais.

Para animais que têm altas exigências energéticas, a distensão ruminal tem um efeito maior sobre o consumo de matéria seca, pois o animal precisa ingerir uma maior quantidade de nutrientes para atender às suas necessidades, não podendo assim, atingir o nível de consumo necessário em função da limitação na capacidade volumétrica do rúmen (NASCIMENTO et al., 2009).

Mertens (1992) sugeriu que a limitação por enchimento pode ser correlacionada com a quantidade de FDN de uma ração e propôs o valor máximo de consumo de 1,2% do peso vivo em FDN como nível de consumo regulado por mecanismos físicos<sup>13</sup>. No entanto, Silva et al. (2009) sugeriram em sua revisão que os consumos de FDN próximos de 1,8% do peso vivo podem ser alcançados por animais em pastejo de Brachiarias no período seco, diferindo da informação citada anteriormente (CARDOSO et al., 2014).

Allen (2000) realizou diversos experimentos comparando forragens com diferentes digestibilidade da FDN, porém os teores de FDN e de PB eram semelhantes, para vacas leiteiras em lactação, e constataram aumentos significativos na ingestão de MS e produção de leite, quando a digestibilidade da FDN era maior.

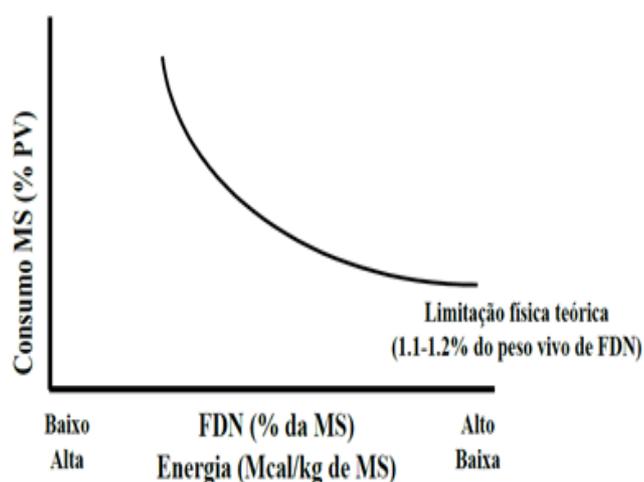
A necessidade de se alimentar é determinada pelo potencial genético do animal e pelo estágio fisiológico. Vacas de baixa produção consomem

menos que vacas de alta produção e o consumo é variável ao longo da lactação. Há várias dúvidas se a produção de leite leva ao consumo ou se o consumo leva à produção de leite. Aparentemente as vacas consomem alimento para atender à exigência energética, logo, entende-se que o consumo parece ser determinado pela produção de leite.

A FDN, por causa de sua baixa velocidade de digestão é considerada o nutriente mais associado com a capacidade de enchimento do trato digestivo pela dieta (ALLEN, 1996). Dietas com alto teor de fibra têm o consumo limitado fisicamente, ou seja, o CMS máximo atingido é determinado pela capacidade de enchimento do trato digestivo por fibra.

A Figura 3 mostra a relação entre o teor de FDN da dieta e o CMS (% do peso vivo).

**FIGURA 3:** Representação gráfica do controle físico do consumo adaptado de Pereira (2015)



Fonte: Adaptado de Pereira (2015).

A partir da Figura 3, nota-se que o aumento no FDN dietético é sinônimo de queda no conteúdo de energia da mesma. Por este mecanismo, dietas com alto teor de FDN seriam menos consumidas que dietas com baixo teor de FDN. Este conceito é importante para compreender qualidade em pastagens, por exemplo. Pastos de alta qualidade têm baixo FDN e, portanto, propiciam alto consumo diário pelos animais. O CMS, por este mecanismo, é ditado pela relação entre a capacidade de consumo de FDN e a concentração de FDN na dieta.

## Fatores psicogênicos

O mecanismo psicogênico envolve respostas no comportamento do animal a fatores inibidores ou estimuladores relacionados ao alimento ou ao ambiente que não são relacionados à energia ou enchimento da dieta. Fatores como sabor, odor, textura, aparência visual de um alimento, status emocional do animal, interações sociais e o aprendizado podem modificar a intensidade do consumo de um alimento (MERTENS, 1994). Tais fatores afetam o consumo em ruminantes e devem ser agregados em uma classe de moduladores ou modificadores psicogênicos do consumo. A modulação psicogênica nada mais é que um fator de ajustamento escalar, que determinada elevações ou reduções no consumo predito, física ou fisiologicamente, devido a interações entre animal e meio (NASCIMENTO et al., 2009).

Os alimentos que serão ingeridos irão ser selecionados por visão e/ou cheiro e a decisão, em relação a comer ou não, é tomada. Uma vez na boca, o alimento pode ser engolido ou rejeitado, dependendo do seu gosto e textura (CARDOSO et al., 2014). Segundo Detmann et al. (2007), a ureia é um bom controlador de consumo de suplementos para bovinos em pastejo devido ao aprendizado em função de sensações de mal estar nos animais. As características sensoriais da ureia também controlam o consumo de suplementos, devido ao sabor amargo e odor característico.

Portanto, sabe-se que a amônia em excesso é absorvida pela parede do rúmen e, no fígado, é convertida a ureia. Esta conversão custa ao animal 12 kcal/g de nitrogênio (VAN SOEST, 1994). Sendo assim a utilização da ureia como regulador de consumo de suplemento deve ser avaliado sobre a eficiência de utilização do nitrogênio, e a possibilidades de excessos do nitrogênio (CARDOSO et al., 2014).

As características estruturais do pasto, como altura, relação folha/caule e densidade também afetam o consumo, por influenciarem o tamanho do bocado, a taxa de bocado e o tempo de pastejo. O tamanho dos bocados apreendidos, pelos bovinos em pas-

tagens tropicais, pode limitar o consumo de forragem.

Dentre as características relacionadas ao alimento, o fator de maior impacto na regulação psicogênica do consumo de alimento parece estar relacionado à palatabilidade. Segundo Mertens (1996), palatabilidade é definida como a característica dos alimentos associada com a aceitabilidade gustatória, olfatória, e visual pelos animais. No entanto, Forbes (1995), afirma que muitas controvérsias estão relacionadas à sua real influência no controle do consumo voluntário. Elementos sensores do olfato e paladar podem influenciar a seleção e o consumo de vários alimentos em inúmeras espécies.

A maior razão para que a palatabilidade tenha sido definida em termos de preferência entre alimentos é porque diferenças no consumo entre alimentos escolhidos livremente podem ser usados para quantificar a preferência. Quando dois alimentos são fornecidos aos animais simultaneamente, a quantidade de cada alimento consumido pode ser uma medida quantitativa de preferência.

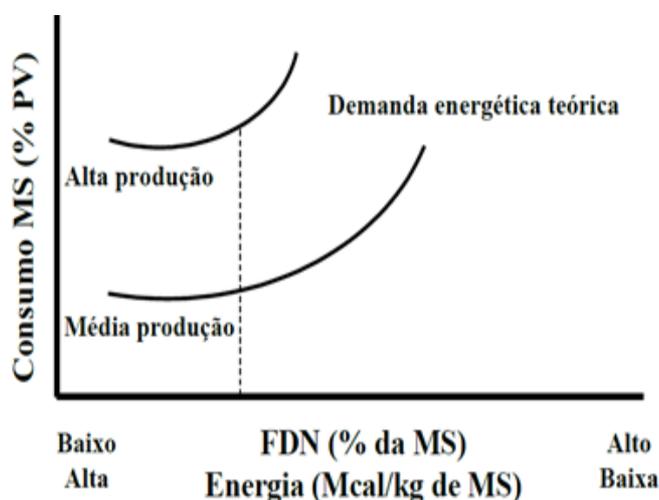
Estudos demonstram que o farelo de soja é percebido como mais palatável do que farelo de canola por bezerros leiteiros. Sendo assim Miller-Cushon et al. (2014) avaliaram o efeito da fonte de proteína sobre a seleção alimentar por bezerros leiteiros. No primeiro experimento foi utilizado um total de quarenta bezerros, eles recebiam 6 litros de leite por dia e água à vontade. Esses animais receberam alimentos sólidos com teores de proteína semelhante e diferiram apenas na fonte de proteína (soja e canola), e foi observada uma preferência por dietas ricas em fonte de proteínas do farelo de soja em comparação com o farelo de canola, sendo que os animais apresentaram maior consumo, o que indica que palatabilidade pode afetar a ingestão. No geral, estes resultados indicam que a seleção da dieta durante as primeiras semanas de vida é influenciada pela inata preferência alimentar.

## Fatores químicos e metabólicos

A regulação metabólica do CMS é ditada pela demanda de energia do animal. Em dietas onde o teor de FDN não é alto o suficiente para limitar o consumo

fisicamente, o consumo máximo atingido é aquele suficiente para atender a demanda metabólica de energia. Em animais leiteiros consumindo dietas com baixo teor de forragem este mecanismo de regulação é prevalente. Distintamente da curva de regulação física, na curva de regulação metabólica o CMS aumenta com aumento no teor de FDN da dieta, sinônimo de queda na concentração de energia da mesma (Figura 4).

**FIGURA 4:** Representação gráfica do controle metabólico do consumo



Fonte: PEREIRA, 2015.

Sendo assim, em quantidades menores que às previstas, quando o consumo é limitado pelo enchimento da ração, o consumo cessa e as demandas relativas ao potencial de desempenho ou estado fisiológico do animal são atendidas. Forbes (1993) concluiu que os ruminantes em geral são capazes de controlar seu consumo energético de maneira semelhante aos animais de estômago simples, desde que a densidade de nutrientes da dieta seja suficientemente alta para que as restrições físicas não interfiram.

O princípio da teoria desta regulação de consumo baseia-se no seguinte conceito: se um animal dispõe de uma quantidade de nutrientes, principalmente energia e proteína, superior aos requerimentos de manutenção e produção, fatores fisiológicos atuarão, deprimindo o apetite e, portanto, seu consumo. Essa teoria relaciona a qualidade do alimento, no que se refere à sua digestibilidade, com o consumo animal,

considerando que, quando melhora a qualidade da dieta, aumenta o aporte de nutrientes por unidade de alimento – por exemplo, a concentração energética do alimento (Mcal/kg MS); dessa maneira, o animal necessitará consumir menor quantidade de matéria seca para dispor da quantidade de nutrientes requerida, dentro de certos limites de digestibilidade do alimento.

Muitas forragens de alta digestibilidade podem ser potencialmente ingeridas em quantidades menores que as previstas pela teoria do controle físico. Nesses casos, o consumo é, então, mais provavelmente determinado por entraves metabólicos relacionados à habilidade animal em utilizar nutrientes absorvidos que desencadeiam reações hormonais de regulação de consumo (NASCIMENTO et al., 2009).

O sinal de saciedade é o reflexo do excesso de um ou mais metabólitos que aparecem na corrente sanguínea em uma taxa maior do que eles podem ser removidos, resultando em uma elevação na concentração sanguínea. Há poucas evidências de que a utilização de glicose ou sua concentração sanguínea tenha um papel significativo no controle da ingestão de alimento no ruminante (SILVA, 2011).

O fígado é o primeiro órgão a receber um quadro relativamente completo do que está sendo absorvido do aparelho digestivo, e sinaliza para o SNC pelos nervos autonômicos (FORBES, 2000). Essa sinalização também pode ocorrer com os quimiorreceptores da parede intestinal que sinalizam a existência de certas condições, como pH, osmolaridade e certos metabólitos (SILVA, 2011). É por meio destes mecanismos o animal pode enviar ao sistema nervoso central avisos com mais antecedência sobre o potencial de mudanças no estado metabólico e riscos de toxicidade.

A pressão osmótica no fluido do rúmen-retículo também pode influenciar sinais de saciedade e, às vezes, ser confundida com os efeitos dos ácidos graxos voláteis. Segundo Allen (2000), a osmolaridade, do fluido do rúmen é altamente variável, dependendo do conteúdo de sais minerais e fermentabilidade da matéria orgânica da dieta. O aumento da osmolaridade está associado com várias respostas fisiológicas que podem afetar a

saciedade, então pode-se dizer que a depressão na ingestão de alimento por infusão de acetato de sódio no rúmen, provavelmente, deve-se a seu efeito em osmolaridade.

Os efeitos de hiperosmolalidade no rúmen sobre o termino de uma refeição são possivelmente medidos por excitação de osmorreceptores localizados em outro lugar no trato gastrointestinal ou em outros locais alcançados pelo sistema circulatório, como o fígado ou o cérebro. A desidratação também pode reduzir a ingestão de alimentos, pois esta estimula a vasopressina (LANGHANS; ROSSI; SCHARRE, 1995).

O teor de proteína na dieta tem correlação positiva com consumo em vacas lactantes, sendo este efeito proveniente parcialmente do aumento da proteína degradável no rúmen e melhora na digestibilidade dos alimentos. Em rações de baixo teor proteico, a quantidade total de proteína ingerida pode aumentar se houver aumento na demanda de energia, aumentando o consumo. Teores críticos de ingestão de proteína provocam queda no consumo, sendo que para ruminantes o limite crítico é mais baixo devido à síntese de proteína microbiana (CARDOSO et al., 2014).

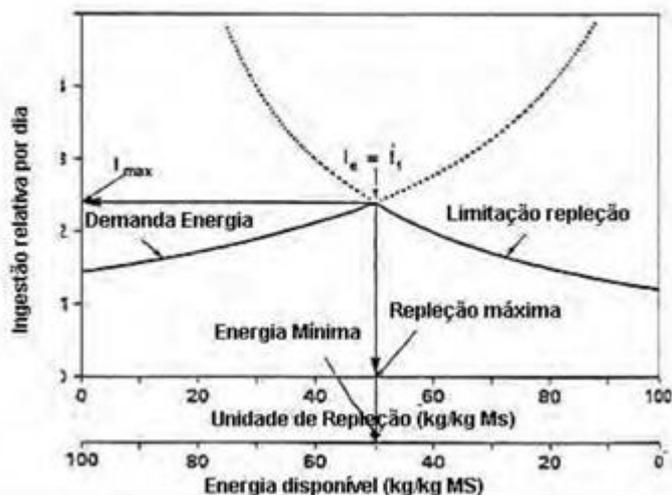
Bach et al. (2012) realizaram um estudo com 32 cordeiros mestiços para avaliar se o fornecimento de diferentes níveis de proteínas (10,9% e 20,4% de PB) e diferentes sabores (sabor umami e mistura - doce, amargo e umami) iria alterar as preferências de consumo. No geral, o consumo de ração ou desempenho animal não foi afetado diretamente pela escolha do sabor oferecido a cordeiros. No entanto, é possível observar que a limitação do fornecimento de PB compromete a ingestão de matéria seca e que houve uma interação ( $P < 0,01$ ) entre nível de PB, sabor e dia de testes sobre as preferências de alimentação.

Sabe-se que a gordura pode inibir a digestão da fibra com possíveis efeitos na distensão do rúmen-retículo causando o efeito de enchimento. A suplementação de gordura na dieta de vacas em lactação está associada ao aumento da densidade energética desta consequentemente ao seu consumo. Contudo Allen (2000) verificou na maioria dos trabalhos

revisados que a adição de gordura aumentou a energia ingerida e produção de leite, enquanto que em outros foi verificada redução no consumo e digestibilidade da MS.

A máxima ingestão de MS (Figura 5) ocorre quando a ingestão regulada pelos requerimentos energéticos é igual à ingestão limitada pela repleção ruminal (NASCIMENTO et al., 2009). Os autores sugerem que, no caso de animais em confinamento, em que o nível de energia - efeito fisiológico - regula o consumo, o aumento da eficiência energética favorece a redução do consumo de alimentos por satisfazer as necessidades nutricionais (OLIVEIRA; REIS; BERTIPAGLIA, 2013).

**FIGURA 5:** Regulação do consumo, com base na equação algébrica simples, mostrando o consumo esperado quando limitado pela demanda energética ou enchimento físico



Fonte: Adaptado de Mertens, 1994.

### Fatores neuro-hormonais

O SNC é claramente o integrador de muitas ações do animal, tais como exercer papel vital no controle do consumo voluntário, tão bem como crescimento, deposição de gordura e reprodução. O cérebro coleta informações de sensores e receptores especiais da parede do trato digestivo e tecidos metabolizadores. Estas informações são integradas de tal forma a determinar que alimento ingerir e se o consumo deve iniciar ou cessar (FORBES, 2007).

Diversos hormônios como os reprodutivos, do estresse, leptina, insulina, glucagon, e outros, têm sido apontados como sinalizadores da regulação do consumo (INGVARTSEN; ANDERSEN, 2000).

A leptina é produzida nas células adiposas e atua como regulador da ingestão de alimentos bem como nas reservas corporais. Sua síntese é regulada pelos principais hormônios que controlam a atividade do tecido adiposo. Além do efeito sobre a redução da ingestão de alimento, leptina tem um forte efeito sobre o metabolismo do corpo, ela também aumenta a liberação do hormônio estimulante da tireoide, resultando na produção de tiroxina pela glândula tiroide (SILVA, 2011).

A leptina regula o armazenamento, equilíbrio e uso de energia pelo organismo. Além disso, sinaliza o estado nutricional do organismo para outros sistemas fisiológicos. Esse hormônio é secretado pelo tecido adiposo branco e liga-se a receptores específicos na circulação sanguínea e leva a informação para o cérebro da quantidade de energia corporal depositada na forma de gordura, ativando com isso o centro de saciedade (FORBES, 2007).

A insulina exerce efeitos biológicos sobre os tecidos cerebrais, atuando como neuromoduladores no sistema nervoso. Acredita-se que este hormônio seja um sensor do metabolismo periférico, devido à correlação positiva entre a concentração plasmática de insulina e os níveis de reservas gordurosas. A concentração de insulina aumenta com a severidade da adiposidade.

No SNC a insulina se liga a receptores cerebrais específicos, onde os neurônios com maior concentração de receptores de insulina são encontrados nas áreas mais importantes para o controle do consumo e do metabolismo energético no cérebro (INGVARTSEN; ANDERSEN, 2000).

Em resumo, a insulina pode exercer um papel em longo prazo na regulação do consumo e do peso vivo em ruminantes, mas ela não parece exercer papel de deprimir o consumo em vacas de leite no início da lactação quando a concentração de insulina é baixa (FORBES, 2007).

Rottman et al. (2015) realizou um experimento com vacas leiteiras alimentadas com dietas contendo diferentes quantidades de FDN. Foram utilizadas 9 vacas em lactação, distribuídas em quadrado latino 3x3, uma dieta controle (CON, 33,3% FDN); uma dieta pobre em fibras (LF, 29,6% FDN), e uma dieta rica em fibras (HF, 34,8% FDN). Concluíram que animais alimentados com dietas ricas em fibras podem reduzir a ingestão através do preenchimento físico, e animais alimentados com dietas baixa em fibra aumenta a insulina e reduz ácidos graxos não esterificados (NEFA).

Por sua vez, o glucagon é um hormônio considerado também como regulador de consumo de ruminantes e pode reduzir o consumo de matéria seca em ratos e humanos, entretanto sua atuação não é diretamente no cérebro, mas através do fígado, uma vez que injeção na veia-porta é mais efetiva deprimindo o consumo mais do que na circulação geral, e seus efeitos podem ser anulados pela vagotomia hepática. Além disso, o glucagon é mais potente quando administrado na veia porta do que na veia cava inferior (NASCIMENTO, 2009).

Dos poucos estudos com glucagon sobre o consumo alimentar em ruminantes, um mostra que glucagon administrado intravenosamente em concentrações fisiológicas reduz o consumo em ovelha. Mais pesquisas, nesta área, são requeridas em ruminantes para identificar a importância do glucagon na regulação do consumo (NASCIMENTO, 2009).

### **Ingestão de água**

É extremamente importante o conhecimento sobre a ingestão de água pelos ruminantes, sendo essencial que a água seja de qualidade e disponível à vontade, pois é um nutriente tão importante quanto carboidrato, proteínas, minerais e vitaminas.

A água representa em média 70% da composição corporal dos animais adultos magros, e não é apenas um material inerte ou um solvente e sim um componente ativo e estrutural do corpo. A água tem elevada capacidade ionizante para facilitar as reações energéticas nas células e alto calor específico que

permite absorver o calor dessas reações com um mínimo de elevação da temperatura corporal (MAYNARD et al., 1979).

As propriedades sensoriais do alimento e da água são importantes para estimular a ingestão. A sensação de secura durante a ingestão de alimento há muito tem sido considerada como um estímulo à ingestão de água para facilitar a mastigação e deglutição de alimentos secos. Além disso, as ingestões de alimento e de água atendem aos mecanismos homeostáticos, satisfazendo ou evitando deficiências nos metabólitos energéticos e fluidos do corpo. A ingestão de alimento requer ingestão de água e esta, por sua vez, parece facilitar o consumo de alimento. Por outro lado, ingestão de alimento é normalmente reduzida quando há escassez de água (LANGHANS; ROSSI; SCHARRER, 1995).

A relação entre ingestão de água e de alimento é influenciada por vários fatores, entre eles a composição do alimento, temperatura ambiente e demandas produtivas. Alimentos com alto teor de umidade vão demandar menor ingestão de água em espécie. Com base na elevada relação entre balanço de água e de eletrólitos no corpo, também alimentos ricos em sais vão resultar em maior consumo de água; dessa forma a relação água matéria seca ingerida vai aumentar. A suplementação adequada de sal não parece influenciar muito o consumo de água e alimentos. Alimentos ricos em proteína frequentemente resultam em maior demanda de água, em consequência do incremento calórico da proteína e da eliminação de resíduos do metabolismo (SILVA, 2011).

Sendo assim, observa-se que o consumo de água é influenciado por variáveis ambientais, como a composição do alimento e temperatura ambiente, bem como por demandas produtivas, como a lactação. Não obstante, em condições dentro da zona de termoneutralidade e com alimentos que não contêm excesso de sais ou proteína, há uma correlação linear altamente significativa entre consumo de oxigênio e taxa de renovação de água no corpo que é refletida, no final das contas, na correlação elevada e positiva entre a quantidade de

alimento e de água consumida, na maioria das condições.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Embora a regulação do consumo de matéria seca seja o resultado de uma complexa interação entre fatores físicos, metabólicos e quimiostáticos relacionados à habilidade psicológica e sensorial dos animais, é de extrema importância que estes processos sejam estudados e elucidados, afim de que modelos de predições, baseados em respostas biológicas, possam ser desenvolvidos de forma mais consistentes e acurada.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN MS. Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, 83: 1598–1624. 2000.
- ALLEN MS. Physical constraints on voluntary intake of forages by ruminants. **J. Anim. Sci.**, p. 3063-3075, 1996.
- ALVES AA, SALLES RO, AZEVÊDO DMMR, AZEVÊDO AR. Fatores que interferem no consumo de alimento pelos ruminantes: Uma revisão. **Rev. Cient. Prod. Anim.**, v. 3, n. 2, p. 62-72, 2001.
- BACH A, VILLALBA JJ, IPHARRAGUERRE IR. Interactions between mild nutrient imbalance and taste preferences in young ruminants. **J. Anim. Sci.** p. 1015–1025, 2012.
- CARDOSO ES et al. Reguladores de consumo de bovinos em pastagem: recentes avanços. **Revista eletrônica Nutritime**. Artigo 271, vol. 11, nº 5, p. 3672-3682. 2014.
- COELHO DA SILVA JF. Mecanismos reguladores de consumo. In: Berchielli TT, Pires AV, Oliveira SG. (Eds). **Nutrição de ruminantes**. 1.ed. Jaboticabal: Funep, 2006. 583p.
- DETMANN E, PAULINO MF, VALADARES FILHO SC et al. Fatores controladores de consumo em suplementos múltiplos fornecidos ad libitum para bovinos manejados a pasto. **Cadernos Técnicos de Veterinária e Zootecnia**, v.55, p.73-93, 2007.
- DETMANN E, GIONBELLI MP, HUHTANEN P. A meta-analytical evaluation of the regulation of voluntary intake in cattle fed tropical forage-based diets. **J. Anim. Sci.** p. 4632–4641. 2014.

- FORBES JM. VOLUNTARY FEED INTAKE. IN: FORBES JM, FRANCE J. (Eds.) Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism. **Cambridge: University Press**, 1993. p.479-494.
- FORBES JM. Voluntary food intake and diet selection in farm animals. **CAB International**, Biddles Ltd, UK, 1995, 532 p.
- FORBES JM. Natural feeding behavior and feed selection. In: Heide D. et al. (Eds). Regulation of feed intake, **CAB international**, p. 03-12, 1999.
- FORBES JM, PROVENZA FD. Integration of learning and metabolic signals into a theory of dietary choice and food intake. In: Cronjé PB. (Ed.). Ruminant physiology, digestion, metabolism, growth and reproduction. **CAB international**, p. 03-19, 2000.
- FORBES JM. VOLUNTARY FEED INTAKE. IN: FORBES JM, FRANCE J. (Eds.) Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism. **Cambridge: University Press**. 2007.
- HART KD, MCBRIDE BW, DUFFIELD TF, DEVRIES TJ. Effect of frequency of feed delivery on the behavior and productivity of lactating dairy cows. **J. Dairy Sci.** 97 :1713–1724. 2014.
- INGVARTSEN KL, ANDERSEN JB. Integration of metabolism and intake regulation: a review focusing on periparturient animals. **Journal of Dairy Science**, p. 1573-1597. 2000.
- LANGHANS W, ROSSI R, SCHARRER E. Relationships between feed and water intake in ruminants. In: Englehardt WV et al. (Eds). **Ruminant Physiology: Digestion, Metabolism, Growth and reproduction**. Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart, Germany, p. 199-216, 1995.
- NASCIMENTO PML, FARJALLA YB, NASCIMENTO JL. Consumo voluntário de bovinos. **Rev. Electrón. Vet.** Vol. 10, nº 10, 2009.
- MAYNARD LA et al. **Animal Nutrition**. 7 edition, McGraw-Hill Book Company, NY, 1979. 602p.
- MERTENS, DR. REGULATION OF FORAGE INTAKE. IN: FAHEY JUNIOR GC, MOSER LE, MERTENS DR. (Eds.). **Forage quality, evaluation and utilization**. American Society of Agronomy, Crop Science of America, Soil Science of America, Madison, WI. p.450-493. 1994.
- MERTENS DR. Analysis of fiber in feeds and its use in feed evaluation and ration formulation. In: **Simpósio Internacional de Ruminantes**, 1992, Lavras. Anais... Lavras: SBZ, p. 1-33. 1992.
- MERTENS DR. **Using fiber and carbohydrate analyses to formulate dairy rations**. Informational Conference with Dairy and Forages Industries. US Dairy Forage Research Center, 1996.
- MILLER-CUSHON EK, TERRÉ M, DEVRIES TJ, BACH A. The effect of palatability of protein source on dietary selection in dairy calves. **J. Dairy Sci.** p. 4444–4454. 2013.
- OLIVEIRA AP, REIS RA, BERTIPAGLIA LMA et al. Substituição de monensina sódica por bicarbonato de sódio em dietas de novilhas confinadas. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v.65, n.4, p.1149-1157, 2013.
- PEREIRA MN. **Regulação e estimativa do consumo de matéria seca**. Módulo 3. Curso online: Formulação de dietas para bovinos leiteiros. Agripoint, 2015.
- ROTTMAN LW, YING Y, ZHOU K, BARTELL PA, HARVATINE KJ. The effects of feeding rations that differ in neutral detergent fiber and starch concentration within a day on production, feeding behavior, total-tract digestibility, and plasma metabolites and hormones in dairy cows. **J. Dairy Sci.** p. 4673–4684. 2015.
- SILVA FF, SÁ JF, SCHIO AR. et al. Suplementação a pasto: disponibilidade e qualidade x níveis de suplementação x desempenho. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.371-389, 2009.
- SILVA JFC. Mecanismos reguladores de consumo. In: Berchielli TT, Pires AV, Oliveira SG. **Nutrição de ruminantes**. Jaboticabal:Funep, 2011. Cap. 3. 61:82.
- VAN SOEST PJ. **Nutritional ecology of the ruminant**, 2nd ed. Ithaca: Cornell University press. United States of America, 476p, 1994.abr 1999.
- ZAHL, I H.; SAMUELSEN, O; KIESSLING, A. Anaesthesia of farmed fiish: implications for welfare. **Fish Physiologic Biochemical**. v. 38, p. 201–218, 2012.