

USO DE ADITIVOS NA NUTRIÇÃO DE RUMINANTES: REVISÃO

Beatriz Danieli¹
Ana Luiza Bachmann Schogor¹

RESUMO

O uso de aditivos na alimentação de ruminantes ainda é um dilema. Diante do avanço das pesquisas voltadas à nutrição de precisão, foram descobertas uma gama de substâncias. Estes produtos atuam positivamente sobre as características do alimento ou diretamente no desempenho animal e seu uso é permitido desde que não prejudiquem o valor nutritivo da ração. Aproximadamente quatro fatores devem ser considerados ao determinar se um aditivo alimentar deve ser usado: resposta esperada, retorno econômico, pesquisa disponível e respostas de campo. No entanto, a permissão do uso no Brasil é regulamentada pela IN 44/2015, e vai muito além destes fatores. Atualmente os aditivos agrupados em quatro categorias (tecnológico, zootécnico, sensorial ou nutricional) e inúmeros grupos funcionais. Nos últimos anos os nutricionistas têm afirmado que a maioria de seus clientes usam algum tipo de aditivo na ração, por este motivo há necessidade de se conhecer as alternativas, bem como as características do regulamento que administra o uso das substâncias.

Palavras-chave: alimentação animal, fermentação ruminal, IN 44/2015.

USE OF ADDITIVES IN RUMINANT NUTRITION: REVIEW

ABSTRACT

The use of additives in ruminant feed is still a dilemma. Before the advancement of research related to nutrition, were discovered a range of substances. These products act positively on the characteristics of the food or directly into animal performance and your use is permitted as long as it doesn't affect the nutritional value of the feed. About four factors should be considered when determining if a food additive should be used: expected response, economic return, available research and field responses. However, the permission of use in Brazil is regulated by the IN 44/2015 and goes far beyond these factors. Currently the additives grouped into four categories (technological, nutritional, sensory or breeding) and numerous functional groups. In recent years, nutritionists have claimed that most of its customers use some sort of additive in feed, for this reason there is a need to know the alternatives, as well as the characteristics of the regulation that governs the use of substances.

Key words: animal feed, ruminal fermentation, IN 44/2015

USO DE ADITIVOS EN NUTRICIÓN DE RUMINANTES: REVISIÓN

RESUMEN

El uso de aditivos en la alimentación de rumiantes sigue siendo un dilema. Ante los avances en la investigación sobre nutrición de precisión, se descubrió una gama de sustancias. Estos productos actúan positivamente sobre las características de los alimentos o directamente sobre el rendimiento de los animales y su uso está permitido siempre que no perjudiquen el valor

¹ Universidade do Estado de Santa Catarina. Correspondência: beatrisdanieli@hotmail.com

nutricional de los alimentos. Se deben considerar aproximadamente cuatro factores al determinar si se debe usar un aditivo alimentario: respuesta esperada, retorno económico, investigación disponible y respuestas de campo. Sin embargo, el permiso de uso en Brasil está regulado por IN 44/2015, y va mucho más allá de estos factores. Actualmente, los aditivos se agrupan en cuatro categorías (tecnológicas, zootécnicas, sensoriales o nutricionales) y numerosos grupos funcionales. En años recientes, los nutricionistas han declarado que la mayoría de sus clientes usan algún tipo de aditivo en el alimento, por esta razón es necesario conocer las alternativas, así como las características de la regulación que maneja el uso de sustancias.

Palabra clave: alimentación animal, fermentación ruminal, IN 44/2015

INTRODUÇÃO

O ecossistema anaeróbico do rúmen é visto como um compartimento capaz de promover as condições necessárias para abrigar uma diversidade de micro-organismos que, eficientemente degradam o carboidrato e a proteína dietética para obter nutrientes necessários para o seu crescimento celular (1). Sob condições normais de alimentação, além da liberação de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) e proteína microbiana para o ruminante, há produção de calor, amônia e metano, que juntos, representam as principais perdas de energia e de proteína para o ambiente (2). Diante do avanço das pesquisas voltadas à nutrição de precisão, foram descobertas uma gama de aditivos que atuam positivamente sobre as características do alimento ou diretamente no desempenho animal. Seu uso é permitido desde que não prejudiquem o valor nutritivo da ração (3).

Para compreender a relevância do uso dos aditivos na dieta de ruminantes, todo o mecanismo de aproveitamento da ração pelo animal deve ser compreendido, em especial sua digestibilidade. Acredita-se que a maior geração de perda de nutrientes na digestão dos ruminantes acontece no rúmen-retículo. Portanto, o objetivo de todo pesquisador é voltado ao aprimoramento da degradação do alimento, mediante a minimização, eliminação ou alteração dos processos ineficientes.

Ao longo deste século e por grande parte do século passado a alimentação de ruminantes tem sido intensificada. O melhor desempenho das vacas leiteiras é resultante das melhores condições de manejo, nutrição e genética. Conforme o potencial genético é aumentado, há maior dificuldade de alcançar altos rendimentos na produção de leite, tal situação força os criadores a aprimorarem a qualidade das dietas. Apesar da disponibilidade de volumosos e alimentos de alto valor nutritivo, não é possível compilar uma dose de uma forma que garanta a cobertura total do alto desempenho requerido pela vaca (4). Neste sentido, os aditivos alimentares são substâncias intencionalmente adicionadas às dietas, para, por exemplo, aumentar a durabilidade do produto, ou intensificar ou modificar as suas propriedades organolépticas, nutricionais ou para aumentar o desempenho dos animais (3,5).

Nos últimos anos, os nutricionistas têm afirmado que a maioria de seus clientes usam algum tipo de aditivo na ração (6). Entretanto, quatro fatores devem ser considerados ao determinar se um aditivo alimentar deve ser usado: resposta esperada, retorno econômico, pesquisa disponível e respostas de campo (desempenho) (7). Pelas justificativas de uso que serão descritos ao longo desta revisão de literatura, é inevitável que os aditivos especializados em ração custem, mas eles aumentarão o lucro da sua vaca na fazenda (4). O objetivo do artigo de revisão é fornecer subsídio científico em relação às tecnologias de aditivos disponíveis a serem utilizadas na nutrição de ruminantes. O trabalho foi baseado em dados da literatura nacional e estrangeira.

HISTÓRICO DO USO DE ADITIVOS ALIMENTARES

Pouco se sabe a respeito do histórico de desenvolvimento dos sistemas de alimentação animal. Mas há conhecimento de que as práticas de produção ainda estão em constante migração dos sistemas de pastejo natural para a habitação confinada (8). Uma vez que, a tendência observada é a migração de sistemas extensivos para os sistemas intensivos. Muito além disso, independente do cenário de produção, os requerimentos nutricionais devem ser atendidos.

As primeiras menções relacionadas a descoberta do que é chamado atualmente de carboidrato, datam o ano de 1864 (9). Neste período já havia conhecimento de que o rúmen é o principal local de digestão dos alimentos, mas era objeto de interesse entender como o processo ocorria. Isso instigou os pesquisadores ao desenvolvimento de técnicas de digestibilidade, ao final da década de 1930. Anos depois, Corbett (10) afirmou que conforme a planta amadurecia, a fibra e os componentes estruturais aumentavam, enquanto os níveis de proteína e mineral declinavam. Como consequência, a capacidade de ingestão de alimento era diminuída. Acreditava-se que ao melhorar a digestibilidade dos alimentos, sobretudo das forragens, o consumo e o aproveitamento seria maximizado. Assim, as pesquisas foram intensificadas para maximizar a degradação das fibras e aumentar a eficiência de ganho. Neste cenário, alguns aditivos especializados surgiram no mercado e se tornaram primordiais na pecuária intensiva moderna (4). Além disso, o Agriculture and Horticulture Development Board (AHDB) do Reino Unido assegura que o modo de ação dos aditivos varia, mas, em geral, eles visam manipular o ambiente de fermentação ruminal para obter maior eficiência. A gama de aditivos para rações tem potencial para fornecer as seguintes melhorias na nutrição de ruminantes: a) aumentar a eficiência de conversão alimentar e a produtividade; b) estabilizar o pH ruminal para reduzir o risco de acidose; c) aumentar o consumo de matéria seca (MS); d) reduzir a metanogênese; e) melhorar o desenvolvimento ruminal; f) reduzir a carga e multiplicação de micro-organismos indesejáveis; g) melhorar a qualidade da carne; h) aumentar a estabilidade ruminal durante transições alimentares; i) efeito tampão contra riscos de saúde na dieta (por exemplo, micotoxinas) (11).

As descobertas sobre o teor de nitrogênio contido nos alimentos foram mais concisas e datam inicialmente o ano de 1891, com o descobrimento de que as bactérias poderiam usar ureia para a síntese de proteínas (12). No entanto, o entendimento foi conflitante porque a ureia era adicionada a dietas com teor de proteína bruta balanceado. A partir de 1939 os pesquisadores começaram a ter conceitos mais específicos sobre o uso de ureia na dieta. No entanto, estes pesquisadores ainda não sabiam que a ureia poderia ser administrada como um aditivo melhorador de desempenho.

O conhecimento em relação as fontes lipídicas foi modesto, em 1894 ocorreram relatos de ganhos satisfatórios na porcentagem de gordura do leite mediante ao consumo de fontes lipídicas (caroço de algodão, palma e coco). Entretanto, o conhecimento acerca do revestimento das fontes com o objetivo de proteger da degradação ruminal veio apenas em 1972, e foi aperfeiçoado nos anos seguintes (8).

Entre as décadas de 1920 e 1940, informações consideráveis foram publicadas sobre as exigências minerais e vitamínicas, mas nenhuma foi considerada nos padrões de alimentação até 1942, quando LA Maynard dirigiu o Comitê de Nutrição Animal do Conselho Nacional de Pesquisa dos EUA para formar subcomitês para preparar tabelas de requisitos de nutrientes para animais de fazenda e de laboratório. Estas foram publicadas pela primeira vez em 1944 e, posteriormente, atualizadas conforme necessário. Portanto, as mudanças iniciadas no século XVIII culminaram em melhores abordagens para a alimentação animal apenas na virada do século XIX (8).

O ruminante em pastejo fica exposto a uma situação altamente dinâmica, onde o seu desempenho é determinado não só por alterações nos requisitos nutricionais, mas também pelo ambiente físico, bem como quantidade e qualidade da pastagem disponível (13). Neste sentido, a suplementação se tornou um grande avanço positivo na produção de ruminantes. Por volta de 1955 em diante, as dietas tornaram-se mais úmidas devido a inclusão de alimentos ensilados, ainda, passou a conter uma maior quantidade de grãos e a melhor digestibilidade da ração como um todo. A mudança tinha o objetivo de atender aos maiores requisitos nutricionais de vacas de alta produção (14). Além disso, expôs os animais à novos desafios, como o aumento da disponibilidade de glicose livre, estímulo no crescimento de alguns grupos de micro-organismos específicos, aumento da produção de AGCC e do ácido lático, além de redução do pH e da motilidade ruminal (6). Essas mudanças levaram à introdução de novas estratégias que identificaram e expandiram o uso de modificadores metabólicos.

A condição nutricional afeta a produtividade, a fertilidade e a sanidade de vacas lactantes. Atualmente são discutidas algumas possibilidades de aditivos alimentares para melhorar o consumo de ração ou melhorar o aproveitamento de proteína, energia, vitaminas e minerais, sobretudo, para uso na nutrição de animais em pastejo. O uso é fiscalizado por órgãos competentes, à nível nacional e também para permitir a exportação de produtos finais.

ÓRGÃOS REGULADORES DO USO DE ADITIVOS NO BRASIL E NO MUNDO

No Brasil, a lei nº 6.198, de 26 de dezembro de 1974, regulamentada pelo decreto nº 6.296, de 11 de dezembro de 2007 conferiu ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) a responsabilidade de normatizar, na forma da legislação específica e supervisionar as atividades de fiscalização da produção e comércio de alimentos para animais. Para tanto, houve a aprovação de um regulamento técnico para estabelecer os procedimentos a serem adotados na avaliação de segurança de uso, registro e comercialização dos aditivos utilizados nos produtos destinados à alimentação animal. O MAPA aprovou a Instrução Normativa nº 13, de 30 de novembro de 2004, que foi aperfeiçoada pela Instrução Normativa nº 44, de 15 de dezembro de 2015. Ambos os regulamentos técnicos têm o objetivo de estabelecer procedimentos básicos a serem adotados para avaliação de segurança de uso, registro e comercialização dos aditivos utilizados nos produtos destinados à alimentação animal, a fim de garantir um nível adequado de proteção da saúde humana, dos animais e do meio ambiente (3). De acordo com os requisitos para registro de aditivos, dispostos na IN 44/2015, eles devem obedecer ao padrão de identidade e pureza, segurança e especificações, fixados pelo *Chemical Abstracts Service* (CAS), *Food Chemicals Codex* (FCC) ou outras referências internacionalmente reconhecidas. Além disso, o desenvolvimento do regulamento foi baseado em normas internacionais, para os produtos a serem comercializados atender estes mercados (3).

A legislação brasileira é muito completa e, atende às tendências mundiais para seu uso. São feitas revisões constantes dos produtos autorizados, sempre com a participação dos principais países do setor de alimentação e sanidade animal. Já a exportação de produtos para alimentação animal deve ser acompanhada de certificados emitidos pelo MAPA, reconhecido pelo país importador. A estrutura de normatização e fiscalização existente no MAPA deve satisfazer às normas internacionais ditadas pelo *Codex Alimentarius* (3). Este órgão foi criado em 1963 pela Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO) e pela Organização Mundial da Saúde (OMS) para desenvolver normas alimentares, regulamentos e outros textos. Estas normas aplicam-se à rotulagem de aditivos alimentares, incluindo vendas a fornecedores e fabricantes de alimentos para a finalidade dos seus negócios. Atualmente, são integrados ao *Codex Alimentarius* 189 países membros, além da Comunidade Europeia. Dentre eles, o Brasil foi integrado em 1968 (15).

Entre os órgãos responsáveis por regular os sistemas de qualidade alimentar, em específico a comercialização e uso de aditivos alimentares, existem alguns considerados mais importantes, e ainda, são citados na legislação brasileira. A Agência Americana para Administração de Alimentos e Medicamentos ([US Food and Drug Administration - FDA](#)) é quem regula o uso de aditivos nos Estados Unidos da América, com influência no mundo inteiro. A Autoridade Europeia de Segurança Alimentar ([European Food Safety Authority – EFSA](#)), ligada diretamente à Comissão Europeia, é responsável por estabelecer a legislação de sanidade alimentar.

DEFINIÇÃO E CLASSIFICAÇÃO E USO DOS ADITIVOS

Os aditivos alimentares podem ser definidos de diversas formas, de acordo com os critérios estabelecidos pelos órgãos reguladores de cada país. Por exemplo, o MAPA afirma que é “uma substância, micro-organismo ou produto formulado, adicionado intencionalmente aos produtos, que não é utilizada normalmente como ingrediente, tenha ou não valor nutritivo e que melhore as características dos produtos destinados à alimentação animal ou dos produtos animais, melhore o desempenho dos animais sadios ou atenda às necessidades nutricionais” (3). Pela legislação brasileira, para que um aditivo alimentar ou coadjuvante de tecnologia possa ser aprovado para comercialização, são requeridas referências que reconheçam ou comprovem seu efeito benéfico. Os aditivos não podem ser colocados no mercado ao menos que tenha sido concedida autorização na sequência de uma avaliação científica que demonstre que o aditivo não tem efeitos nocivos na saúde humana e animal e no ambiente.

Segundo o que consta na IN 44/2015, do MAPA, a mistura de aditivos para produtos destinados à alimentação animal ou mistura de um ou mais destes aditivos com matérias-primas usadas como excipientes que não se destinam à alimentação direta dos animais recebe o nome de premix. Contudo, para que um novo aditivo possa ser comercializado para alimentação animal é necessário seu registro junto ao MAPA. Para que a utilização de um aditivo seja aprovada, ele deve atender aos requisitos do item 3.1 da IN 44/2015 (3). Este item especifica que o aditivo deve: a) ser indispensável à adequada tecnologia de fabricação do produto; b) influir positivamente nas características do produto destinado à alimentação animal, de produtividade dos animais ou dos produtos de origem animal; c) ser utilizado na quantidade estritamente necessária à obtenção do efeito desejado, respeitada a concentração máxima que vier a ser fixada; d) ser previamente autorizado e registrado pela autoridade competente do MAPA.

Apesar da definição ampla, os aditivos são classificados em várias categorias. De acordo com o Anexo I, da IN 44/2015, as funções e as propriedades dos aditivos, permite-os fazerem parte de uma ou mais das seguintes categorias: aditivos tecnológicos, sensoriais, nutricionais e zootécnicos. Além das categorias mencionadas, os aditivos também são classificados em grupos funcionais, dentro de cada categoria. Segundo o Anexo II, da IN 44/2015, da mesma forma que ocorre nas categorias, os aditivos também podem participar de um ou mais dos grupos funcionais (3).

Havia uma quinta categoria, conforme mencionado na IN nº 13 de dezembro de 2004, esta era denominada “anticoccidianos”. Esta classe era ocupada pelas substâncias destinadas a eliminar ou inibir protozoários. No entanto, ao ser alterada para a IN 44/2015 esta categoria foi eliminada (3).

A EFSA, órgão de regulação de alimentos da Comunidade Europeia, descreve que os aditivos são: “substâncias, micro-organismos ou preparados, que não sejam matérias para a alimentação animal nem pré-misturas, que sejam intencionalmente acrescentados aos alimentos para animais ou à água, nomeadamente a fim de desempenharem pelo menos uma das funções mencionadas na legislação vigente”. Também é representada pelas mesmas categorias

mencionadas na IN nº 44/15, com incremento na categoria dos coccidiostáticos e histomonostáticos (5). Ainda, a FDA define que “aditivos alimentares incluem todas as substâncias que constam na seção 201 do termo, cuja utilização pretende ou se pode razoavelmente esperar que resulte, direta ou indiretamente, tornando-se um componente do alimento ou outra forma que afetam as características dos alimentos (16).

Os aditivos podem ser substâncias de origem natural ou sintética, normalmente sem valor nutricional apreciável, que são adicionadas aos alimentos na quantidade mínima necessária para se atingir o propósito tecnológico, durante a fabricação, alteração industrial ou durante o seu acondicionamento (3,5). Além disso, o limite máximo estimado para a utilização de um determinado aditivo em um produto específico deve ser respeitado, levando em consideração a sua necessidade e as boas práticas de fabricação. Portanto, para ter os efeitos desejados, as substâncias devem ser empregadas na quantidade estritamente necessária à obtenção do efeito desejado, sendo obrigatório o cumprimento das condições e das restrições que se tenham imposto no registro referentes à comercialização, utilização ou manipulação do aditivo ou dos produtos que o contenham (3).

Segundo a IN 44/15, é vedado o uso de aditivo nos alimentos para animais quando: a) evidência de toxicidade cientificamente comprovada para o homem, o animal e o meio ambiente; b) interfere desfavoravelmente no valor nutritivo do alimento; c) destinado a encobrir falhas; d) encobrir alteração ou adulteração na matéria-prima ou do produto acabado; e) induzir o consumidor a erro, engano ou confusão; f) risco comprovado cientificamente para a saúde animal e humana ou o meio ambiente nas doses indicadas; g) não satisfizer as exigências da normativa. As características mencionadas acima apenas norteiam o leitor do quão complexa é a normativa que regulamenta o uso e comercialização dos aditivos alimentares. Para maiores informações do regulamento técnico, a leitura da IN 44/2015 (MAPA) é sugerida.

ADITIVOS NUTRICIONAIS

A categoria de aditivos nutricionais destina-se às substâncias utilizadas para manter ou melhorar as propriedades nutricionais de ingredientes ou produtos utilizados na alimentação animal (3). Conforme a IN 44/15, esta categoria é representada por aproximadamente quatro grupos funcionais. São eles, as vitaminas, provitaminas e substâncias quimicamente definidas de efeitos similares; aminoácidos, seus sais e análogos; oligoelemento ou compostos de oligoelementos; ureia e seus derivados (3).

É importante salientar que as forragens são uma importante fonte natural de proteínas, fibras, ácidos graxos, minerais e vitaminas ou provitaminas em dietas de ruminantes. Entretanto, existem alguns fatores capazes de influenciar suas concentrações nas diferentes espécies (17). Por exemplo, ao serem armazenadas por longos períodos, seja na forma de silagem, feno ou pré-secado, os níveis podem ser reduzidos. Apesar da existente concentração destes componentes na dieta, ainda pode haver deficiências ao longo da vida do ruminante. E estas podem ser atenuadas pela suplementação dos compostos via premix. Estas situações são relatadas na literatura para vitaminas (18), oligoelementos (19,20), aminoácidos e ureia (21,22). Além disso, os ruminantes são surpreendidos pelo aproveitamento de micro-organismos, que são uma importante fonte de vitaminas do complexo B, aminoácidos e ácidos orgânicos (23).

Os microminerais, também chamados de oligoelementos, possuem papéis críticos nos principais sistemas inter-relacionados de função imunológica, metabolismo oxidativo e metabolismo energético dos ruminantes. Até o momento, os principais oligoelementos de interesse em dietas para bovinos de leite incluem o Zinco (Zn), Cobre (Cu), Manganês (Mn) e Selênio (Se), embora os dados também suportem papéis potencialmente importantes de Cr, Co e Fe nas dietas (20).

Particularmente, alguns, tais como o Zn, Cu e Mn atuam durante o período de transição e início da lactação (20), podendo também incrementar a produção de leite (24). Em consonância, a suplementação orgânica de Cu e Zn à machos pode resultar em menor dano oxidativo e melhores características (concentração e vivacidade dos espermatozoides, qualidade de membrana plasmática e acrossomos, motilidade e velocidade) de sêmen fresco (19).

Alguns aditivos tradicionalmente conhecidos pelo seu valor nutricional também desempenham outras funções mais específicas, que vão além da nutrição. Como é o caso do β -caroteno, um ácido graxo, poderoso antioxidante e precursor da vitamina A. O conteúdo de β -caroteno nas dietas é altamente variável, as forragens verdes contêm quantidades altamente consideráveis, entretanto, na maioria dos grãos e forragens conservadas seu teor é baixo. Por este motivo, o programa para validação de dietas NRC datado até o ano de 2001 desconsidera o teor dos alimentos para as estimativas de exigência para ruminantes.

Oliveira et al. (18) avaliaram o efeito de um grupo de vacas leiteiras múltiparas suplementadas com β -caroteno (1,2 gramas por vaca por dia) e outro grupo não suplementado, ambos em pré-parto. A mesma dieta total, constituída de 55,9% de silagem de milho, 17,2% de tifton (*Cynodon spp.*) em matéria natural, 8,9% farelo de soja, 3,9% milho moído, 6,4% de polpa cítrica, 4,8% de caroço de algodão e 2,9% de minerais, vitaminas e aditivos foi oferecida à ambos os grupos. O β -caroteno foi fornecido individualmente, uma vez ao dia. A suplementação com β -caroteno foi associada a uma redução na proporção de vacas com retenção de placenta 12 horas após o parto (29,9 vs. 21,7%), menor tempo para a liberação de placenta (392 vs. 490 min). Os autores sugerem um efeito positivo do suplemento na função imunitária, indicada pela redução do tempo de liberação de placenta em vacas múltiparas.

De acordo com Abassi et al. (21) e Zhao et al. (22) a suplementação de aminoácidos na alimentação de ruminantes é menos comum em relação aos monogástricos. Isso porque, é um aditivo oneroso para todas as classes produtivas e o seu uso tem mostrado resultados contraditórios. Zhao et al. (22) testaram cinco dietas para vacas leiteiras em início de lactação (110 dias) com o objetivo de averiguar se a suplementação de aminoácidos protegidos da degradação ruminal (RP) promove a síntese proteica do leite. Para isso, foram testadas: dieta de alta proteína (16% de PB; HP), dieta de baixa proteína (12% PB; LP), dieta LP + RP-Metionina, dieta LP + RP-Metionina e RP-Treonina e dieta LP + RP-Metionina, RP-Treonina, RP-Isoleucina e RP-Leucina para vacas em início de lactação (110 dias em média). Ao final do experimento, a suplementação dos aminoácidos protegidos reestabeleceu a produção de proteína do leite de vacas recebendo dietas LP atenuando o efeito indesejado da dieta basal testada.

ADITIVOS ZOOTÉCNICOS

A categoria de aditivos zootécnicos destina-se às substâncias melhoradoras de desempenho (3). Conforme a IN 44/15, esta categoria é representada por aproximadamente três grupos funcionais com suas respectivas subdivisões. São eles: a) digestivo: substâncias que atuam sobre determinadas matérias-primas destinadas a fabricação de produtos para alimentação animal que facilitam a digestão dos mesmos, como as enzimas; b) equilibradores da microbiota: micro-organismos que formam colônias ou outras substâncias químicas que têm um efeito positivo sobre a microbiota do trato digestório, tais como, probiótico, prebiótico e acidificante; c) melhoradores de desempenho: substâncias que melhoram os parâmetros de produtividade (3).

A aplicabilidade de enzimas na dieta de ruminantes pode ter várias finalidades, desde potencializar a digestão dos nutrientes, bem como melhorar seu aproveitamento. A maioria dos produtos enzimáticos comerciais podem conter mais de uma enzima ativa (xilanase, glucanase, celulase, amilase, protease ou lipase), projetada para digestão de um nutriente alvo (25). No

intuito de examinar o efeito da suplementação de celulase e celulase associada à xilanase sobre a cinética de degradação ruminal, Wang e Xue (26) concluíram que a adição das enzimas não melhoraram a digestão dos nutrientes ($P > 0,05$), muito menos o consumo e a retenção de nitrogênio no organismo ($P > 0,05$). Além disso, não surtiu efeitos benéficos para a emissão de metano (26). Com o mesmo princípio, Romero et al. (27) examinaram os efeitos da adição de xilanase exógena à ração total misturada, no desempenho de vacas em lactação e na cinética de degradação ruminal da dieta. A suplementação enzimática fez com que aumentasse o consumo de MS (23,5 vs. 22,6 kg/d), de matéria orgânica (21,9 vs. 20,9 kg/d) e de proteína bruta (3,9 vs. 3,7 kg/d). No entanto, não afetou a cinética de degradação ruminal da MS.

Em experimento, foi avaliado o efeito da suplementação de vacas leiteiras com amilase exógena em dietas com alta concentração de amido. A amilase fez com que aumentasse a produção de leite (32,3 vs. 33,0 kg/d) e reduzisse o consumo de MS (20,7 vs. 19,7 kg/d), aumentando a eficiência alimentar (1,52 vs. 1,63). A amilase também proporcionou o aumento da concentração de glicose no plasma (59,3 vs. 68,6 mg/dL) (28).

As pesquisas voltadas ao uso de melhoradores de desempenho e equilibradores da microbiota na dieta de ruminantes ganharam muito espaço por conta da sua aplicabilidade e resposta, em vista que esses aditivos intensificam a produção animal. Entretanto, existem opiniões controversas em relação ao seu uso. Principalmente no que diz respeito ao bem-estar animal, qualidade dos alimentos e resíduos. Por conta disso, a utilização de antimicrobianos, ionóforos e dos probióticos é atualmente questionada.

Neste sentido, a Coordenação de Fiscalização de Produtos para Alimentação Animal (CPAA), tornou pública uma lista contendo antimicrobianos, anticoccidianos e agonistas com uso autorizado na alimentação animal. Em contrapartida, existem outras substâncias conhecidamente proibidas, como é o caso da colistina (29); anfenicóis, tetraciclina, β -lactâmicos, quinolonas e sulfonamidas sistêmicas (30); espiramicina e eritromicina (31) e outras. Este fato ocorre devido aos seus riscos potenciais de disseminação de genes de resistência a antibióticos (32). Decisões recentes da FDA permitem o uso de antibióticos apenas mediante a autorização de um médico veterinário (14). Isso também ocorre no Brasil desde aprovação da IN nº 26, de 09 de julho de 2009 (30). De modo geral, é amplo o conhecimento científico que envolve a resistência dos micro-organismos à antibióticos pelo fornecimento de ionóforos (33), antibióticos (34,35) ou probióticos (32) nas dietas de ruminantes.

De modo geral, o uso da terapia antimicrobiana pode não ser benéfica em muitos casos, como por exemplo na diarreia de bezerros, haja vista que muitas delas são causadas por infecções virais ou parasitárias (36). Neste caso, além do longo período de recuperação (36), podem haver casos de resistência antimicrobiana e contaminação ambiental com os resíduos do produto (37,38). Nos últimos anos, o uso de probióticos tem sido cada vez mais enfatizado e estudado como alternativa ao uso de antibióticos (32), juntamente com a preferência crítica dos consumidores por produtos de alta qualidade e seguros (39).

O MAPA detém uma lista com inúmeros probióticos e prebióticos com uso permitido na alimentação animal. Ao promover o crescimento de alguma população bacteriana ruminal específica (prebiótico) ou sua suplementação (probiótico), a fermentação ruminal e a eficiência alimentar podem ser aumentadas, devido à inibição da aderência e crescimento de patógenos, pelo estímulo da proliferação de outros micro-organismos e equilibradores da microbiota do trato gastrointestinal (32). Os ionóforos (tais como monensina, lasalocida, lenomicina, salinomicina e narasina) também possuem mecanismos de ação sobre os micro-organismos ruminais. Eles são capazes de transportar íons pelas membranas celulares de bactérias suscetíveis, dissipando gradientes iônicos e desacoplando os gastos de energia do crescimento, matando essas bactérias (33).

A utilização de *Saccharomyces cerevisiae*, como equilibrador da microbiota ruminal de vacas leiteiras em lactação foi estudada por Jiang et al. (40). As vacas do estudo foram

alimentadas com uma dieta total não acidótica. Foi testada uma dieta sem levedura, suplementada com uma dose baixa (LLY; $5,7 \times 10^7$ cfu/d) e alta (HLY; $6,0 \times 10^8$ cfu/d) de levedura viva, além de uma alta dose de levedura morta (HDY; $6,0 \times 10^8$ cfu/d). Ao suplementar LLY, houve aumento do rendimento de leite (29,6 vs. 31,7 kg/d) e de proteína do leite (0,95 vs. 1,03 kg/d). Além disso, aumentou a digestibilidade da MS (64,5 vs. 69,1 %), da fibra em detergente neutro (FDN; 45,0 vs. 54,5 %) e de fibra em detergente ácido (FDA; 53,1 vs. 60,9 %) em comparação com o controle. Os autores ainda enfatizaram a dificuldade de compreender os mecanismos fisiológicos desencadeados pela suplementação de levedura. Ainda, recomendam que pesquisas futuras devem explorar as relações causais entre os parâmetros fisiológicos e a microbiota ruminal (40).

Infelizmente, muitos dos aditivos são testados apenas em pesquisas *in vitro*. A pesquisa *in vitro* dá uma visão geral sobre o potencial do aditivo com diferentes substratos, mas não leva em conta a capacidade dos micro-organismos do rúmen se adaptarem aos aditivos e degradá-los (41). Particularmente aqueles que tem o maior efeito sobre os micro-organismos ruminais, como é o caso dos aditivos zootécnicos. Além disso, a dose pode ser significativamente maior do que quando fornecida ao ruminante, portanto, uma resposta pode ser induzida que pode não ser praticamente viável em um animal vivo (41).

ADITIVOS TECNOLÓGICOS

Esta categoria de aditivos destina-se à maior quantidade de grupos funcionais, no entanto, poucos deles são utilizados na nutrição de ruminantes. São eles: adsorvente, antioxidante, regulador de acidez, conservante, estabilizante, espessante, gelificante, umectante, emulsificante, aglomerante, anti-umectante e anti-aglomerante (3). A maioria dos aditivos tecnológicos atuam sobre o estado físico dos alimentos, possibilitando a manipulação de misturas e processamento, tais como a peletização ou a extrusão.

Neste sentido, ao investigar a eficiência do uso de um adsorvente (composto de montmorilonita sódica com levedura viva, mananoligossacarídeo e vitamina E) sobre a transferência de aflatoxina da ração para o leite na forma de aflatoxina M₁ (AFM₁), Xiong et al. (42) testaram dietas basais sem aflatoxina B₁ (AFB₁), com 20 µg de AFB₁/kg de MS e 40 µg de AFB₁/kg de MS. A adição do adsorvente à dieta livre de AFB₁ eliminou possíveis contaminações de AFM₁ no leite e aumentou as concentrações de AGV ruminal (99,6 vs. 94,2 mM). A adição de adsorvente em dietas com 20 µg/kg de AFB₁ reduziu a concentração de AFM₁ (88,4 vs. 105,3 ng/L) e a transferência de aflatoxina para leite (0,46 vs. 0,56%) e aumentou a concentração de ácidos graxos voláteis totais (99,8 vs. 93,4 mM).

Segundo Borreani et al. (43), a eliminação das perdas fermentativas da silagem não é possível, mas o uso de aditivos pode ajudar a minimizá-las. Oliveira et al. (44) realizaram uma meta-análise para examinar os efeitos da inoculação de bactérias ácido-láticas (LAB) homofermentativa ou heterofermentativa facultativa para a qualidade da silagem (n=130) e as respostas de desempenho de vacas leiteiras (n=31). As taxas de aplicação de $\geq 10^5$ UFC/g aumentaram significativamente a fermentação da silagem e a recuperação da MS em gramíneas temperadas e tropicais, alfafa e outras leguminosas. No entanto, a inoculação não beneficiou o processo fermentativo de silagens de milho, sorgo ou cana-de-açúcar. A prática de inoculação reduziu o crescimento de clostrídios e fungos, a produção de ácido butírico e de nitrogênio amoniacal em todas as silagens dos experimentos selecionados, mas não teve efeito sobre a estabilidade aeróbia. A inoculação da silagem com aplicação mínima de 10^5 UFC/g proporcionou maior produção de leite, no entanto, não surtiu efeito sobre a digestibilidade da dieta e a eficiência alimentar.

ADITIVOS SENSORIAIS

A categoria de aditivos sensoriais destina-se aos grupos funcionais denominados: corante ou pigmentante, aromatizante e palatilizante. A finalidade de uso dos aromatizantes e dos palatilizantes é voltada a melhorar a aceitabilidade e estimular o consumo dos alimentos. No entanto, os corantes e pigmentantes são adicionados às dietas para modificar as características visuais dos produtos destinados a alimentação animal ou dos subprodutos de origem animal, respectivamente (3).

Os próprios alimentos possuem propriedades palatilizantes que facilitam a aceitabilidade pelos ruminantes. Por sua vez, existem algumas dietas com características que as deixam menos aceitáveis, como é o caso de dietas pré-parto que geralmente recebem alta carga de minerais acidificantes.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

É amplamente aceito o benefício de muitos aditivos alimentares. No entanto, muitos deles são questionáveis devido aos dados das pesquisas serem inconclusivos ou contraditórios. Ainda existe uma gama de aditivos a serem descobertos ou testados. Além disso, muitos dos aditivos que estão em uso estão sendo proibidos ao longo dos anos. Diante do escopo, não se pode esquecer que a adição de aditivos na alimentação de ruminantes é um dos últimos recursos a ser empregado e seu uso requer cautela.

REFERÊNCIAS

1. Annison EF, Lewis D. Metabolism in the rumen. New York: John Wiley and Sons; 1959.
2. Leng RA. Interactions between microbial consortia in biofilms: a paradigm shift in rumen microbial ecology and enteric methane mitigation. *Anim Prod Sci*. 2014;54:519-43.
3. Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA. Instrução Normativa nº 44, de 15 de Dezembro de 2015. Alteração da Instrução Normativa nº 13, de 2004 e Instruções Normativas nº 15 e 30 de 2009 e nº 29 de 2010. *Diário Oficial da União*. 17 Dez 2015. Sec.1, p.7.
4. Radzikowski D. Effects of using specialized feed additives for dairy cows in the perinatal period. *World Sci News*. 2017;78:9-13.
5. Comunidade Européia. Regulamento nº 1831 do parlamento Europeu e do Conselho, de 22 de Setembro de 2003. Relativo aos aditivos destinados à alimentação animal. *Diário Oficial de la Unión Europea* [Internet]. 18 Out 2003 [cited 2019 Nov 18]. Available from: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32003R1831&from=en>
6. Millen DD, Pacheco RDL, Arrigoni MDB. A snapshot of management practices and nutritional recommendations used by feedlot nutritionists in Brazil. *J Anim Sci*. 2009;87:3427-39.
7. Hutjens MF. Feed additives. *Vet Clin North Am Food Anim Pract*. 1991;7:1-525.
8. Coffey D, Dawson K, Ferket P, Connolly A. Review of the feed industry from a historical perspective and implications for its future. *J Appl Anim Nutr*. 2016;4:1-11.

9. Hall MB, Mertens DR. A 100-year review: carbohydrates—characterization, digestion, and utilization. *J Dairy Sci.* 2017;100:10078-93.
10. Corbett JL. The nutritional value of grassland herbage. *Encyclopedia Food Sci Nutr.* 1969;17:593-644.
11. Frater P. Feed additives in ruminant nutrition: can feed additives reduce methane and improve performance in ruminants? *Agric Hortic Dev Board.* 2014:1-39.
12. Schwab CG, Broderick GA. A 100-year review: protein and amino acid nutrition in dairy cows. *J Dairy Sci.* 2017;100:10094-112.
13. Waal HDD. Animal production from native pasture (veld) in the Free State Region- a perspective of the grazing ruminant. *S Afr J Anim Sci.* 1990;20:1-9.
14. McGuffey RK. A 100-year review: metabolic modifiers in dairy cattle nutrition. *J Dairy Sci.* 2017;100:10113-42.
15. Codex Alimentarius. [Comisión del Codex Alimentarius. Manual de procedimiento. 24a ed. Roma: Organización Mundial de La Salud y Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación; 2015.](#)
16. USA. Federal Register by the Executive departments and agencies of the Federal Government. Code of Federal Regulation, US, Silver Spring: Food and Drugs; 2017. t.21, v.8, Sec.570.
17. Elgersma A, Søgaard K, Jensen SK. Interrelations between herbage yield, α -tocopherol, β -carotene, lutein, protein, and fiber in non-leguminous forbs, forage legumes, and a grass-clover mixture as affected by harvest date. *J Agric Food Chem.* 2015;63:406-14.
18. Oliveira RC, Guerreiro BM, Morais Junior NN, Araújo RL, Pereira RAN, Pereira MN. Supplementation of prepartum dairy cows with β -carotene. *J Dairy Sci.* 2015;98:1-11.
19. Narasimhaiah M, Arunachalam A, Sellappan S, Mayasula VK, Guvvala PR, Ghosh SK, et al. Organic zinc and copper supplementation on antioxidant protective mechanism and their correlation with sperm functional characteristics in goats. *Reprod Domest Anim.* 2018;53:644-54.
20. Overton TR, Yasui T. Practical applications of trace minerals for dairy cattle. [Anim Sci J. 2014;92:416-26.](#)
21. Abbasi IHR, Farzana A, Lihui L, Bello MBB, Mervat AA. Rumen-protected methionine a feed supplement to low dietary protein: effects on microbial population, gases production and fermentation characteristics. *AMB Express.* 2019;9:1-93.
22. Zhao K, Liu W, Hu ZY, Yan ZW, Wang Y, Shi KR, et al. Effects of rumen-protected methionine and other essential amino acid supplementation on milk and milk component yields in lactating Holstein cows. *J Dairy Sci.* 2019;102:7936-47.

23. Mao HL, Mao HL, Wang JK, Liu JX, Yoon I. Effects of *Saccharomyces cerevisiae* fermentation product on in vitro fermentation and microbial communities of low-quality forages and mixed diets. *J Anim Sci.* 2013;91:3291-8.
24. Rabiee AR, Lean IJ, Stevenson MA, Socha MT. Effects of feeding organic trace minerals on milk production and reproductive performance in lactating dairy cows: a meta-analysis. *J Dairy Sci.* 2010;93:4239-51.
25. Sucu E, Nayeri A, Sanz-Fernandez MV, Upah NC. The effects of supplemental protease enzymes on production variables in lactating holstein cows. *Ital J Anim Sci.* 2014;13:348-51.
26. Wang L, Xue B. Effects of cellulase supplementation on nutrient digestibility, energy utilization and methane emission by boer crossbred goats. *Asian Australas J Anim Sci.* 2016;29:204-10.
27. Romero JJ, Macias EG, Ma ZX, Martins RM, Staples CR, Beauchemin KA, et al. Improving the performance of dairy cattle with a xylanase-rich exogenous enzyme preparation. *J Dairy Sci.* 2016;99:3486-96.
28. Andreatzi ASR, Pereira MN, Reis RB, Pereira RAN, Moraes Júnior NN, Acedo TS, et al. Effect of exogenous amylase on lactation performance of dairy cows fed a high-starch diet. *J Dairy Sci.* 2018;101:1-9.
29. Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA. Instrução Normativa nº 45, de 22 de Novembro de 2016. Proibir, em todo o território nacional, a importação e a fabricação da substância antimicrobiana sulfato de colistina, com a finalidade de aditivo zootécnico melhorador de desempenho na alimentação animal. *Diário Oficial da União.* 30 Nov 2016. Sec.1, p.6.
30. Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA. Instrução Normativa nº 26, de 9 de Julho de 2009. Regulamento técnico para a fabricação, o controle de qualidade, a comercialização e o emprego de produtos antimicrobianos de uso veterinário. Brasília: MAPA; 2009.
31. Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA. Instrução Normativa nº 14, de 17 de Maio de 2012. **Proibir, em todo o território nacional a importação, fabricação e o uso das substâncias antimicrobianas espiramicina e eritromicina com finalidade de aditivo zootécnico melhorador de desempenho na alimentação animal.** Brasília: MAPA; 2012.
32. Wang Z, He Z, Beauchemin KA, Tang S, Zhou C, Han X, et al. Comparison of two live *Bacillus* species as feed additives for improving in vitro fermentation of cereal straws. *Anim Sci J.* 2016;87:27-36.
33. Callaway TR, Edrington TS, Rychlik JL, Genovese KJ, Poole TL, Jung YS, et al. Ionophores: their use as ruminant growth promotants and impact on food safety. *Curr Issues Intest Microbiol.* 2003;4:43-51.

34. Dodds DR. Antibiotic resistance: a current epilogue. *Biochem Pharmacol.* 2017;134:139-46.
35. Crossland WL, Tedeschi LO, Callaway TR, Miller MD, Smith WB, Cravey M. Effects of rotating antibiotic and ionophore feed additives on volatile fatty acid production, potential for methane production, and microbial populations of steers consuming a moderate-forage diet. *J Anim Sci.* 2017;95:4554-67.
36. Berge AC, Moore DA, Besser TE, Sisco WM. Targeting therapy to minimize antimicrobial use in preweaned calves: effects on health, growth, and treatment costs. *J Dairy Sci.* 2009;92:4707-14.
37. Zhao L, Dong YH, Wang H. Residues of veterinary antibiotics in manures from feedlot livestock in eight provinces of China. *Sci Total Environ.* 2010;408:1069-75.
38. Sura S, Degenhardt D, Cessna AJ, Larney FJ, Olson AF, Mcallister TA. Dissipation of three veterinary antimicrobials in beef cattle feedlot manure stockpiled over winter. *J Environ Qual.* 2014;43:1061-70.
39. Arowolo MA, He J. Use of probiotics and botanical extracts to improve ruminant production in the tropics. *Anim Nutr J.* 2018;4:1-30.
40. Jiang Y, Ogunade IM, Arriola KG, Qi M, Vyas D, Staples CR, et al. Effects of the dose and viability of *Saccharomyces cerevisiae*. 2. Ruminal fermentation, performance of lactating dairy cows, and correlations between ruminal bacteria abundance and performance measures. *J Dairy Sci.* 2017;100:8102-18.
41. Benchaar C, Greathead H. Essential oils and opportunities to mitigate enteric methane emissions from ruminants. *Anim Feed Sci Technol.* 2011;166:338-55.
42. Xiong JL, Wang YM, Nennich TD, Li Y, Liu JX. Transfer of dietary aflatoxin B1 to milk aflatoxin M1 and effect of inclusion of adsorbent in the diet of dairy cows. *J Dairy Sci.* 2015;98:1-10.
43. Borreani G, Tabacco E, Schmidt RJ, Holmes BJ, Muck RE. Silage review: Factors affecting dry matter and quality losses in silages. *J Dairy Sci.* 2018;101:3952-79.
44. Oliveira AS, Weinberg ZG, Ogunade IM, Cervantes AAP, Arriola KG, et al. Meta-analysis of effects of inoculation with homofermentative and facultative heterofermentative lactic acid bacteria on silage fermentation, aerobic stability, and the performance of dairy cows. *J Dairy Sci.* 2017;100:4587-603.

Recebido em: 20/01/2020

Aceito em: 18/12/2020