

<https://doi.org/10.31533/pubvet.v16n06a1137.1-12>

SARA (Subacute Ruminal Acidosis) e medidas preventivas para minimizar seus efeitos em bovinos: Revisão

Mariana Garcia Ornaghi¹ , Osmair Flávio Stuani¹ , Tatiane Rogélio Ramos² , Giovana Pereira Penha³ , Rodolpho Martin do Prado⁴ , Ivanor Nunes do Prado^{4*} 

¹Técnico da Empresa Safeeds, Toledo, Paraná, Brasil

²Discente de Doutorado do Programa de Pós-graduação em Zootecnia da Universidade Estadual de Maringá, Paraná, Brasil

³Discente de graduação do Departamento de Zootecnia da Universidade Estadual de Maringá, Bolsista de PIBIC/CNPq. Maringá, Paraná, Brasil

⁴Docente do Programa de Pós-graduação em Zootecnia da Universidade Estadual de Maringá, Paraná Brasil.

*Autor para correspondência, E-mail: inprado@uem.br

Resumo. Os alcalinizantes ou tamponantes são substâncias usadas desde a década de 70 com objetivo de melhorar a modulação ruminal de animais de alta produção (carne e leite). No passado, o potencial genético de produção dos ruminantes era inferior em relação aos altos níveis obtidos após a virada do milênio. Na realidade, na época anterior a dieta animal apresentava uma maior razão volumoso/concentrado que satisfazia as exigências animais. Desta forma, as moléculas usadas como tampões eram menos potentes porque o potencial de acidificação do rúmen era menor. No entanto, o potencial genético para produção de carne e leite foi significativamente aumentado pelas novas biotecnologias introduzidas pelos geneticistas. Desse modo, os nutricionistas foram induzidos a rever os conceitos e paradigmas nutricionais aplicados à produção animal. A razão volumoso/concentrado de antes foi modificada com aumento no concentrado e diminuição no volumoso. Esta mudança de conceito induziu os nutricionistas a desenvolver ou ajustar novas moléculas ou compostos para maximizar o tamponamento do rúmen. Com isso, foram desenvolvidos diferentes produtos ou combinações entre eles com essa finalidade, para evitar, sobretudo, o aparecimento da SARA.

Palavras-chave: Acidose, pH, prevenção, ruminante, tamponantes

SARA (Subacute Ruminal Acidosis) and preventive measures to minimize theirs effects in cattle: Review

Abstract. Alkalizing agents or buffers are substances used since the 1970s to improve the ruminal modulation of high-production animals (meat and milk). In the past, the genetic production potential of ruminants was lower than the high levels obtained after the turn of the millennium. In fact, in the previous period, the animal diet had a higher roughage/concentrate ratio that satisfied animal requirements. In this way, the molecules used as buffers were less potent because the rumen acidification potential was lower. However, the genetic potential for meat and milk production has been significantly increased by new biotechnologies introduced by geneticists. In this way, nutritionists were induced to review the nutritional concepts and paradigms applied to animal production. The roughage/concentrate ratio from before was modified with an increase in concentrate and a decrease in roughage. This change in concept has induced nutritionists to develop or adjust new molecules or compounds to maximize rumen buffering. As a result, different products or combinations between them were developed for this purpose, to avoid, above all, the appearance of SARA.

Keywords: Acidosis, pH, prevention, ruminant, buffers

Introdução

As forragens são os principais alimentos das dietas para a maioria dos ruminantes, sobretudo, nas condições tropicais ([Baumont et al., 2000](#); [Prado & Moreira, 2002](#); [Van Elswyk & McNeill, 2014](#)). De modo geral, as pastagens contêm altas percentagens de fibra em detergente neutro (FDN) ([Berchielli et al., 2011](#)). A FDN é degradada no rúmen lentamente e, desta forma, ocorre baixa formação de ácidos graxos de cadeia curta e ácido lático, sem efeito adverso para o animal. Assim sendo, com dietas dessa natureza a possibilidade de distúrbios ruminais e, conseqüentemente, acidose ruminal é mínima.

Os microrganismos têm função determinante na modulação ruminal ([Arcuri et al., 2011](#); [Hobson & Stewart, 2012](#)). Eles atuam nos ruminantes transformando os nutrientes da dieta como a celulose, hemicelulose, pectinas, carboidratos mais simples e outros compostos em ácidos orgânicos, aminoácidos e vitaminas ([Hobson & Stewart, 2012](#)). O rúmen é considerado um ecossistema rico e apresenta um ambiente favorável para o crescimento dos microrganismos, pois atua como uma câmara fermentadora, por ter características particulares como, por exemplo, temperatura variando entre 38 a 42° C, ambiente de anaerobiose, pH variando entre 5,5 a 7,0 (depende do substrato presente), microbiota rica em bactérias, protozoários e fungos, teor de matéria seca variando de 10 a 15%, gravidade específica entre 1,022 e 1,055, tensão superficial do líquido de 50 dinas/cm e pressão osmótica constante ([Hobson & Stewart, 2012](#); [Lana et al., 2005](#); [Valadares Filho et al., 2011](#); [Van Soest, 1994](#)).

Os ruminantes têm comensalismo simbiótico com os microrganismos ruminais e capacidade para usar vários alimentos como fonte de nutrientes, desde material fibroso até nitrogênio não proteico. O comensalismo funciona entre os ruminantes (hospedeiro), fornecendo o ambiente (rúmen) para o crescimento dos microrganismos ([Arcuri et al., 2011](#)). Em troca, a microbiota ruminal, por sua vez, supre os ruminantes com produtos resultantes da fermentação ([Valadares Filho et al., 2011](#)). Essa relação é confortável para um bom sistema de equilíbrio entre os alimentos fibrosos e concentrados. No entanto, com dietas de alto-concentrado ou alto-grão para animais de elevada produção, este equilíbrio é desfeito e pode ocasionar nos ruminantes um desvio na modulação ruminal, com elevada produção de ácidos graxos de cadeia curta e ácido lático acarretando e baixo pH, portanto, acidose aguda ou subaguda ([Abdela, 2016](#); [González et al., 2012](#); [Hossain, 2020](#); [Owens et al., 1998](#)).

Por outro lado, com aumento do desempenho de gado de corte e da produção das vacas leiteiras, ocorre uma demanda de dietas com alta percentagem de proteína e alta densidade de energia. Desta forma, os nutricionistas e produtores são obrigados a aumentar a concentração de grãos na dieta destes animais. O aumento do teor proteína e energia nas dietas de animais de alto desempenho é derivado dos grãos de cereais e oleaginosas. A inclusão de altos teores de grãos de cereais acarreta um aumento nas percentagens de carboidratos de média/alta degradabilidade no rúmen ([Berchielli et al., 2011](#); [Pinto et al., 2015](#)). A inclusão de altos níveis de grãos de cereais, ricos em carboidratos solúveis, determina uma rápida degradação no rúmen, e em consequência, provocam o aparecimento da acidose ([Goularte et al., 2011](#); [Nagaraja & Titgemeyer, 2007](#); [Owens et al., 1998](#)). Para evitar esse desequilíbrio, os pecuaristas podem utilizar compostos ou substâncias conhecidos como tampões ou tamponantes ([Calsamiglia et al., 2012](#); [Ribeiro & Gobetti, 2018](#)). Esses compostos podem ser classificados em dois grandes grupos: endógenos e exógenos.

Esta revisão foi realizada para enfatizar os possíveis procedimentos usados para minimizar os efeitos do aparecimento da acidose ruminal, seja ela subaguda ou aguda, em rebanhos de bovinos de corte, terminados com rações de alto-grão ou na produção de vacas leiteiras. Foram revisados vários trabalhos de pesquisas e campo realizados nas últimas décadas e publicados nos repositórios mais utilizados por acadêmicos, técnicos, pesquisadores e professores de Instituições de Ensino Superior.

Tamponantes ruminais

Saliva

Com a ingestão de alimentos ácidos ou a produção de ácidos no metabolismo intracelular, ocorre um desequilíbrio ácido-básico no organismo ([Évora & Garcia, 2008](#)). Para evitar esse processo, existe o tamponamento sistêmico com, basicamente, três sistemas diferentes: sistema tampão do organismo, regulação renal e regulação pulmonar. Além desses tamponamentos, os ruminantes têm o tamponamento

ruminal pela saliva. A saliva dos ruminantes possui pH de aproximadamente 8,2 e contém em mEq/l, sódio (160-180), cloro (10-20), potássio (4-10), fosfato (10-70) e bicarbonato (90-140) ([Bailey & Balch, 1961](#)). Além da capacidade tamponante, na saliva são secretadas as mucinas que garantem a viscosidade do fluido ruminal mantendo a tensão superficial normal, impedindo a formação de bolhas ([Dukes et al., 2006](#); [Nusshag & Romero, 1980](#)). Cerca de 70% do líquido ruminal é proveniente da secreção salivar ([Bailey & Balch, 1961](#)). A taxa de alimentação é importante na determinação da capacidade tamponante, pois a secreção de saliva é estimulada pela mastigação e ruminação ([Dado & Allen, 1995](#)). O tempo gasto para mastigação e ruminação dos concentrados é menor do que dos alimentos fibrosos, contribuindo, portanto, para uma menor secreção de saliva ([Welch et al., 1970](#)). O estímulo à ruminação, exercido pelo roçar de fibras longas contidas no alimento na parede do rúmen é de extrema importância para regulação do pH ruminal, pois, durante este processo, ocorre uma secreção de saliva duas a três vezes maior do que durante a ingestão ou repouso do animal ([Dirksen et al., 2005](#); [Polli et al., 1996](#)).

Os ruminantes têm uma complexa regulação do sistema ácido-base que diferem de outras espécies animais ([Erdman, 1988](#)). O pH do rúmen está diretamente relacionado à produção e concentração de ácidos graxos voláteis e o volume de saliva. O pH é regulado pela produção e absorção da microbiota ruminal, fluxo de água através da parede ruminal, fluxo de saliva, tamponantes, acidez dos alimentos e, finalmente, passagem de água pelo omaso até o trato gastrointestinal inferior.

Os ruminantes tem três meios primários para tamponar o rúmen ([Teixeira, 1996](#)). No primeiro caso, são os sais tamponantes secretados durante a salivagem dos animais (ingestão, mastigação e ruminação). No segundo caso, é a ingestão de tampões oriundos das dietas dos animais. Finalmente, adição direta de tamponantes à dieta dos ruminantes ([Erdman, 1988](#)). Segundo revisão de Erdman ([1988](#)), o fluxo de saliva em vacas leiteiras varia de 110 até 308 litros/dia, com média de 171 litros/dia. Esta variação no fluxo de saliva por dia pode ser explicada pela ingestão de matéria seca/dia e percentagem de fibra presente na dieta. Essa elevada produção de saliva pelos ruminantes é de extrema importância para modular o pH ruminal. Todavia, essa variação é decorrente da ingestão de matéria seca e peso corporal dos animais, poderia ser melhor estimada usando o fluxo salivar em função da ingestão de matéria seca ao dia. Neste caso, a variação foi menor, mas importante (9,6 – 32,3 l/kg de MS), com uma média de 18,2 l/kg de MS ([Erdman, 1988](#)). Da mesma forma, a variação pode ser explicada pela ingestão e teor de fibra na dieta ([Eastridge, 2006](#)). Assim, nota-se que existe uma variação muito grande no fluxo salivar durante em dia. Em revisão da década de 1970 ([Kaufmann, 1976](#)) mostraram que o fluxo salivar poderia variar de 12 a 14 l/kg de MS para os animais alimentados com forragem e de 10 a 12 kg/MS para os animais alimentados com dieta a base de grãos. Alguns dos fatores importantes no fluxo salivar durante a alimentação são: ingestão e teor de MS, de fibra, tamanho da partícula na dieta e estágio fisiológico dos animais ([Dukes et al., 2006](#); [Reece, 2008](#)).

Além da importância da produção da saliva como tamponante do meio ruminal, existem outras ferramentas que poderiam ser usadas para este fim. Os primeiros trabalhos realizados sobre fermentação de silagem mostraram a capacidade de tamponamento das forragens ([Jurie et al., 2006](#)). A ingestão de forragens induz uma maior capacidade de tamponar o rúmen em função da maior ativação da secreção salivar ([González et al., 2012](#)), além da sua própria e inerente capacidade de tamponar o rúmen também ([Playne & McDonald, 1966](#)), resultado das alterações do pH ruminal e metabolismo ácido-base do organismo animal. Esta capacidade de tamponante no rúmen animal é devido a presença de ácidos orgânicos nas silagens ([Ferreira et al., 2013](#)).

Entretanto, em alguns casos (dieta de alto grão) ocorre uma deficiência na regulação do pH ruminal que pode causar sérios distúrbios para a saúde animal e sua produtividade ([Erdman, 1988](#)). Neste caso, o uso de tamponantes pode auxiliar na manutenção do pH ruminal.

Medidas preventivas contra a SARA

Efeito da dieta

As dietas fornecidas aos ruminantes de alta produção, de modo geral, são calculadas com seus diferentes alimentos e, posteriormente, misturadas em equipamentos de diversos modelos. Esse procedimento pode acarretar oscilações diferentes nas percentagens de cada alimento previamente calculado. Além do mais, o animal tem um poder de seletividade muito grande, principalmente, caprinos

e ovinos ([Ribeiro et al., 2009](#)). Mesmo assim, as vacas de leite preferem mais as partículas maiores em detrimento às menores ([Leonardi & Armentano, 2003](#)). Alguns artifícios de manejo podem ser usados para evitar a seletividade pelos animais como, por exemplo, aumentar o teor de água na matéria seca. Na verdade, a água pode aglutinar as pequenas partículas e evitar o poder de seleção pelos animais. No entanto, a adição de certa quantidade na água pode reduzir a ingestão de matéria seca devido ao rumen-fill ([Baumont et al., 1990](#); [Dado & Allen, 1995](#)). Outros manejos alimentares como, por exemplo, a adição de melaço à dieta de alta ingestão, também, pode evitar a seletividade ([DeVries & Gill, 2012](#)). Shaver ([2002](#)) indica que o tamanho das partículas dos volumosos (feno, silagem, palhas, entre outros) deveria ser entre 2,5 a 5,0 cm.

Efeito da fibra efetiva na dieta

A fibra efetiva, com destaque para FDN, é um dos nutrientes do alimento que melhora o tamponamento do rúmen, via ativação da mastigação/ruminação que aumenta a produção de saliva ([Bailey & Balch, 1961](#); [Mertens, 1997](#)). As fibras longas presentes nas dietas dos ruminantes têm a capacidade de estimular a produção de saliva e, por consequência, seus componentes que auxiliam na manutenção do pH. As fibras são degradadas de forma mais lenta em relação ao amido e proteína, assim facultando um melhor tamponamento do rúmen ([Allen & Mertens, 1988](#); [Mertens & Loften, 1980](#)). Além disso, o fornecimento de fibra longa pode alterar o local de degradação do amido do rúmen para o intestino, reduzindo o risco de forte acidose ([Yang & Beauchemin, 2006](#)). Em razão disso, foi verificado que, em todos os casos, 40% das partículas da dieta total para vacas de leite deveriam ter mais de 10 mm de comprimento ([Maulfair et al., 2013](#); [Yang et al., 2001](#)). De todo modo, o aumento da percentagem de fibra longa na dieta dos ruminantes, aumenta o tempo de mastigação e de secreção de saliva ([Beauchemin et al., 2008](#); [Zebeli et al., 2012](#)). Deste modo, comprova-se que a inclusão de fibra longa na dieta de animais de alta produção reduz o risco de acidose. Ao contrário, o aumento de carboidratos prontamente degradados no rúmen aumenta o risco de acidose.

Efeito dos carboidratos na dieta

Segundo Beauchemin & Penner ([2009](#)), para vacas com uma produção de 30 kg ou mais de leite ao dia, as percentagens de carboidratos deveriam ser próximas de 15-17% para carboidratos fibrosos, 19-21% para fibra em detergente ácido, 27-30% para fibra em detergente neutro, 35-40% para carboidratos não estruturais, 28-30% para amido e próximo de 6% para açúcares simples. No entanto, essas percentagens poder variar em função do sistema de manejo de alimentação (ração total – TMR ou separadas). Além do mais, quando se menciona a inclusão do amido às dietas dos ruminantes, devemos considerar que existem diferentes carboidratos, com diferentes taxas de degradações no rúmen ([Maeda et al., 2011](#); [Suárez et al., 2006](#)). Deste modo, essas percentagens mencionadas servem de balizamento para o cálculo da dieta, mas não são indicações definitivas e absolutas dos dados. De todo modo, de todos os ingredientes que compõem as dietas de animais de alta produção, o amido deve ser considerado o mais importante do ponto de vista da causa da acidose ([Enemark, 2008](#); [Hossain, 2020](#); [Ogunade et al., 2019](#)).

Efeito das proteínas na dieta

Os níveis de proteína bruta na dieta de ruminantes de alta produção são os responsáveis pelo aparecimento da laminite no rebanho ([Abdela, 2016](#); [Hossain, 2020](#); [Nocek, 1997](#)). Em estudo realizado por Manson & Leaver ([1988](#)) foi observado que vacas leiteiras alimentadas com 19,8% de proteína na dieta apresentavam maiores dificuldades de locomoção em comparação com as vacas alimentadas com 16,1% no período de 3 a 26 semanas de lactação. Da mesma forma, houve maior efeito no aparecimento de laminite.

Efeito da inclusão de compostos ou substâncias tamponantes na dieta

Muitos compostos foram pesquisados nas décadas passadas e são usados ainda hoje como tamponantes ([Askar et al., 2011](#); [Erdman et al., 1982](#); [Robinson et al., 2008](#); [Russell & Chow, 1993](#); [Stone, 2004](#)). Todavia, o objetivo desta revisão não é apresentar uma caracterização dos vários compostos ou substâncias usadas como tampões, mas apresentar seus efeitos em animais alimentados com alto níveis de concentrados na dieta.

Segundo alguns pesquisadores o termo “tampão” usado para caracterizar alguns agentes tamponantes poderia não ser apropriado porque não seriam considerados como um tampão. Na realidade, tampão é um composto ou uma substância que quando presente no meio aquoso causa uma real resistência para alterar o pH do meio. Para um composto ser usado como tampão em diferentes condições fisiológicas, alguns critérios devem ser respeitados como, por exemplo, solubilidade na água, ser uma base ou ácido fracos ou sal, ponto equivalente de pKa e ser semelhante ao pH fisiológico do meio a ser tamponado.

Uma revisão de Herod et al. (1978) analisou *in vitro* 35 diferentes compostos com líquido ruminal de bovinos com dietas de alto grão sobre o poder tampão destes compostos. Os autores verificaram que a adição de betonita, bicarbonato de cálcio (CaCO_3), bicarbonato de magnésio (MgCO_3), bicarbonato de potássio (KHCO_3) e bicarbonato de sódio (NaHCO_3) não tiveram efeito na mudança do pH, mas mostraram uma boa ação tamponante após as primeiras seis horas de incubação. Por outro lado, a inclusão de hidróxido de cálcio (Ca(OH)_2), óxido de magnésio (MgO), bicarbonato de potássio (K_2CO_3), bicarbonato de sódio (Na_2CO_3), dissódio de potássio (K_3PO_4) e hidróxido de sódio (NaOH) mostraram uma boa capacidade de neutralização da acidez e aumentaram de forma significativa o pH ruminal (< 2 pontos). Ainda, os compostos Al(OH)_3 , dolomita, MgSO_4 , KH_2PO_4 , NaH_2PO_4 e ZnSO_4 não tiveram efeito sobre o pH ruminal. No entanto, nos ensaios deste tipo não são levadas em considerações a capacidade tampão inerente dos alimentos (ácido ou base) (Jasaitis et al., 1987; Wohlt et al., 1987). Desta forma, a capacidade tamponante das dietas tem certa correlação com os teores de íons e cinzas nas mesmas (Jasaitis et al., 1987). Por essa razão, a composição e quantidade da dieta fornecida afeta a capacidade dos compostos a tamponarem o meio ruminal. Desta forma, os nutricionistas deveriam levar em consideração, no momento da formulação das dietas, possíveis conhecimentos sobre a capacidade de tamponamento das mesmas, para escolher o tampão mais apropriado (Jasaitis et al., 1987).

Vários compostos que são usados como tampões atuam como ácido-consumidor ou ácido-neutralizante. O óxido de magnésio (OMg), por exemplo, frequentemente é citado como agente tamponante e muito usado na dieta de vacas leiteiras para controlar o pH ruminal (Bach et al., 2018). No entanto, o óxido de magnésio não tem pKa definido e é relativamente insolúvel na água, embora seja eficiente no controle do pH e aumento da gordura do leite de vaca (Erdman et al., 1982). Outro exemplo, o sistema fosfato com três diferentes pontos de pKa (2,1; 7,2 e 12,4) é caracterizado como um importante tamponante da saliva. Todavia, essa diferença de ponto de pKa mostra pouca importância dos sais de fosfato como tampões no pH do rúmen, sendo considerado como um agente neutralizante. Ainda, o calcário é um composto que apresenta uma alta capacidade de consumir ácido, mas é pouco eficiente devido sua baixa solubilidade no meio ruminal.

Para animais com alta produtividade (carne ou leite), alimentados com baixa ingestão de forragens e uma alta ingestão de carboidratos mais solúveis se faz necessário controlar o pH do rúmen. As propriedades químicas, físicas, palatabilidade, disponibilidade e custos são algumas das variáveis que devem ser consideradas na escolha de um produto usado como tamponantes pelos fabricantes e pecuaristas. Neste contexto, a palatabilidade é de grande importância quando o tamponante é misturado à dieta basal (concentrados) para estimular a ingestão. No entanto, alguns estudos com animais de elevada produção mostram que algumas substâncias usadas como tamponante podem reduzir a ingestão de alimentos quando altas doses são usadas. Todavia, essa redução pode ser minimizada com a inclusão gradual dos tamponantes. A redução pode ter até uma componente individual; alguns indivíduos refugam e outros não a ingestão de dietas com tamponantes. No entanto, a palatabilidade não tem sido problema grave quando o tamponante é misturado à ração completa ou misturada à silagem antes da alimentação.

A adição ou inclusão de tamponantes às dietas de ruminantes tem como objetivo aumentar a produtividade e proteger os ruminantes de possíveis quadros clínicos. O uso dos tamponantes tem como objetivo neutralizar a excessiva produção de ácidos no rúmen quando o sistema natural (principalmente produção de saliva) não é adequado para fazer essa proteção. Excessiva produção dos ácidos no rúmen pode originar dos alimentos (silagem ou coprodutos do processamento de grãos) ou ser gerado durante a fermentação das dietas ricas em grãos de cereais (milho e sorgo com maior incidência nos derivados do trigo, do arroz, da aveia, da cevada e da mandioca), com maior propensão de distúrbios metabólicos no rúmen. Além da ingestão dos alimentos, os quais fornecem os substratos para a microbiota ruminal, os próprios animais têm seus adequados processos fisiológicos que poderiam modular de forma diferente

as respostas animais como, por exemplo, a ingestão, a mastigação, a ruminação dos alimentos, a motilidade e a osmolaridade ruminal, o processo de absorção nos nutrientes. No entanto, esses processos são intrínsecos aos ruminantes, com grande variação individual, assim as manipulações destas variáveis são pouco prováveis. Isso é decorrente do complexo sistema dos mecanismos de regulação.

Efeito da adição de leveduras na dieta

A utilização de leveduras (*Saccharomyces cerevisiae*) para prevenir alterações metabólicas no rúmen de animais de alta produção é bem caracterizada e utilizada depois de certo tempo ([Chaucheyras-Durand et al., 2008](#); [Khalouei et al., 2021](#); [Stella et al., 2007](#); [Zeoula et al., 2011](#)). No processo de fermentação é produzido *Saccharomyces cerevisiae* por fermentação anaeróbica. Essas leveduras diferem da fermentação in vivo.

As leveduras contêm moléculas benéficas aos ruminantes, tanto em nível ruminal como intestinal como, por exemplo, aminoácidos, polifenóis, antioxidantes e vitaminas do complexo B ([Schingoethe et al., 2004](#)).

A suplementação de leveduras para ruminantes melhora o desempenho animal, eficiência alimentar e reduz os efeitos da suplementação de dietas com alto-grão sobre o pH do rúmen ([Allen & Ying, 2012](#); [Lesmeister et al., 2004](#); [Tripathi & Karim, 2010](#)). Este processo benéfico para os ruminantes advém, em parte, da redução da taxa de degradação do amido no rúmen. A redução da degradação do amido no rúmen reduz, também, a produção de ácidos graxos de cadeia curta e ácido lático e, com isso, reduz a acidificação do meio ([Allen & Ying, 2012](#); [Shen et al., 2018](#)). Além disso, as leveduras também podem estabilizar o rúmen de animais de alta produção alimentados com dietas de alto-grãos em razão do aumento da utilização de lactato pelas bactérias presentes no rúmen ([Nisbet & Martin, 1991](#); [Zeoula et al., 2011](#)). Deste modo, a presença das leveduras nas dietas, reduz os níveis de ácido lático no rúmen e proporciona um aumento das atividades das bactérias fribrolíticas no rúmen ([Boadi et al., 2004](#); [Callaway & Martin, 1997](#); [Khalouei et al., 2021](#); [Tun et al., 2020](#)) e, ainda, aumenta a ingestão de alimentos ([Poppy et al., 2012](#)). Li et al. (2016) observaram que a suplementação com leveduras reduziu a variação do pH ruminal e as inflamações do epitélio ruminal resultantes da SARA induzida pela presença dos grãos na dieta. Algumas linhagens ou cepas de leveduras contêm mais antioxidantes e polifenóis do que outras ([Mohammed et al., 2018](#); [Shurson, 2018](#)).

Deve-se enfatizar que os efeitos da suplementação de leveduras vivas e compostos de fermentação de cultura de leveduras sobre a ingestão de nutrientes apresentam grandes variações entre os diversos estudos presentes na literatura ([Desnoyers et al., 2009](#); [Poppy et al., 2012](#); [Sartori et al., 2017](#)). No estudo de meta-análise conduzido por Desnoyers et al. (2009) com 157 experimentos realizados em vários países do mundo conclui-se que a suplementação com levedura viva aumentou a digestibilidade da matéria seca. As variações nos resultados de suplementações com leveduras de várias origens são decorrentes de vários fatores como, por exemplo, composição da dieta, desenho experimental, dose de suplementação, duração da suplementação e estágio fisiológico dos animais ([Allen & Ying, 2012](#); [Poppy et al., 2012](#); [Robinson & Erasmus, 2009](#)). Em resumo, maiores benefícios da suplementação com leveduras nas dietas de ruminantes são observados em animais com quadro clínico de SARA estabelecido ([Li et al., 2016](#); [Plaizier et al., 2018](#)).

Efeitos dos antibióticos e ionóforos sobre a prevenção da SARA

O uso de antibióticos na prevenção da SARA em bovinos terminados em confinamento e vacas leiteiras têm sido proposto por vários estudos de pesquisas publicados na literatura ([Guimarães et al., 2010](#); [Salmanov et al., 2018](#); [Spears, 1996](#)). O objetivo da inclusão de antibióticos na dieta de bovinos para controlar a SARA, reduz a produção de lactato principalmente pela redução na população de *Streptococcus bovis* e *Lactobacillus* spp. ([Stewart, 2017](#)).

A inclusão de ionóforos como, por exemplo, monensina e lasalocida na dieta de ruminantes tem como objetiva aumentar o desempenho animal e melhorar a eficiência alimentar ([Bergen & Bates, 1984](#); [Novilla, 2018](#); [Russell & Strobel, 1989](#); [Spears, 1990](#)).

Todavia, desses compostos suscita algumas considerações preocupantes sobre as possibilidades de resistência dos microrganismos e resíduos nos produtos de origem animal à saúde humana ([Braykov et al., 2016](#); [Reig & Toldrá, 2008](#); [Russell & Houlihan, 2003](#)), que não é objetivo desta revisão.

Por fim, este conjunto de compostos (antibióticos e ionóforos) foram banidos, como aditivos, na União Europeia no início dos anos 2000 ([OJEU, 2003](#)). Da mesma forma, existe uma recomendação do FDA ([2015](#)) (USA) para evitar o uso destes compostos como aditivos.

Em conclusão, não é objetivo deste trabalho apresentar uma revisão detalhada do modo de ação, dos resultados apresentados, das discussões sobre o uso destes compostos como aditivos na produção de animais de fins zootécnicos.

Considerações finais

A acidose ruminal subaguda (SARA) é uma ameaça silenciosa multifatorial com reflexos nos aspectos financeiros, saúde e bem-estar animal, mesmo em rebanhos de bovinos bem manejados. À medida que a eficiência aumenta, o interesse por carboidratos rápida degradação no rúmen aumenta, proporcionalmente, o que torna os animais de alto potencial cada vez mais propensos à SARA. Nessa linha, o planejamento de dieta de alta energia é um fator determinante no manejo da alimentação dos ruminantes. Além disso, o quadro subclínico da doença com etiologia e patogênese complexas confundem sua prevenção. Ajustar a modulação rúmen às mudanças das dietas deve ser prioridade para manter o *pool* de digesta ideal para tamponar o meio ruminal e elevar a capacidade de absorção dos ácidos graxos de cadeia curta e motilidade ruminal para controlar os efeitos da SARA.

Agradecimentos

Este estudo foi financiado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelas bolsas de estudos concedidas, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq – 401022/2016-1) e pela Safeeds – Nutrição Animal. Os autores agradecem a empresa por parte do financiamento e fornecimento dos produtos usados nesta pesquisa com os quais foi possível desenvolver o projeto. As menções das marcas ou nome comerciais dos produtos nesta publicação é apenas pelo propósito do fornecimento específicos e não implica em recomendações ou endosso por parte do Departamento de Zootecnia da Universidade Estadual de Maringá, Paraná, Brasil.

Referências bibliográficas

- Abdela, N. (2016). Sub-acute ruminal acidosis (SARA) and its consequence in dairy cattle: A review of past and recent research at global prospective. *Achievements in the Life Sciences*, 10(2), 187–196. <https://doi.org/10.1016/j.als.2016.11.006>.
- Allen, M. S., & Mertens, D. R. (1988). Evaluating constraints on fiber digestion by rumen microbes. *Journal of Nutrition*, 118, 261–270. <https://doi.org/10.1093/jn/118.2.261>.
- Allen, M. S., & Ying, Y. (2012). Effects of *Saccharomyces cerevisiae* fermentation product on ruminal starch digestion are dependent upon dry matter intake for lactating cows. *Journal of Dairy Science*, 95(11), 6591–6605. <https://doi.org/10.3168/jds.2012-5377>.
- Arcuri, P. B., Lopes, F. C. F., & Carneiro, J. (2011). Microbiologia do rumen. In T. T. Berchielli, A. V. Pires, & S. G. Oliveira (Eds.), *Nutrição de Ruminantes* (Issue 2th ed., pp. 115–148). FUNEP.
- Askar, A. R., Guada, J. A., González, J. M., Vega, A., & Castrillo, C. (2011). Effects of sodium bicarbonate on diet selection and rumen digestion by growing lambs individually fed whole barley grain and a protein supplement at their choice. *Animal Feed Science and Technology*, 164(1–2), 45–52. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2010.12.001>.
- Bach, A., Guasch, I., Elcoso, G., Duclos, J., & Khelil-Arfa, H. (2018). Modulation of rumen pH by sodium bicarbonate and a blend of different sources of magnesium oxide in lactating dairy cows submitted to a concentrate challenge. *Journal of Dairy Science*, 101(11), 9777–9788.
- Bailey, C. B., & Balch, C. C. (1961). Saliva secretion and its relation to feeding in cattle:1. The composition and rate of secretion of parotid saliva in a small steer. *British Journal of Nutrition*. <https://doi.org/10.1079/BJN19610047>

- Baumont, R., Malbert, C. H., & Ruckebusch, Y. (1990). Mechanical stimulation of rumen fill and alimentary behaviour in sheep. *Animal Science*, 50(1), 123–128. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1017/S0003356100004529>.
- Baumont, R., Prache, S., Meuret, M., & Morand-Fehr, P. (2000). How forage characteristics influence behaviour and intake in small ruminants: A review. *Livestock Production Science*, 64(1), 15–28. [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(00\)00172-X](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(00)00172-X).
- Beauchemin, K. A., Eriksen, L., Nørgaard, P., & Rode, L. M. (2008). Short communication: Salivary secretion during meals in lactating dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 91(5), 2077–2081. <https://doi.org/10.3168/jds.2007-0726>.
- Beauchemin, K., & Penner, G. (2009). New developments in understanding ruminal acidosis in dairy cows. *Tri-State Dairy Nutrition Conference, 2009*, 1–12.
- Berchielli, T. T., Pires, A. V., Oliveira, S. G., & FUNEP. (2011). *Nutrição de Ruminantes* (Issue 2th ed.). FUNEP.
- Bergen, W. G., & Bates, D. B. (1984). Ionophores: their effect on production efficiency and mode of action. *Journal of Animal Science*, 58(6), 1465–1483. <https://doi.org/0.2527/jas1984.5861465x>.
- Boadi, D., Benchaar, C., Chiquette, J., & Massé, D. (2004). Mitigation strategies to reduce enteric methane emissions from dairy cows: Update review. *Canadian Journal of Animal Science*, 84(3), 319–335. <https://doi.org/10.4141/A03-109>.
- Braykov, N. P., Eisenberg, J. N. S., Grossman, M., Zhang, L., Vasco, K., Cevallos, W., Muñoz, D., Acevedo, A., Moser, K. A., & Marrs, C. F. (2016). Antibiotic resistance in animal and environmental samples associated with small-scale poultry farming in northwestern Ecuador. *Msphere*, 1(1), e00021-15. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1128/mSphere.00021-15>.
- Callaway, E. S., & Martin, S. A. (1997). Effects of a *Saccharomyces cerevisiae* culture on ruminal bacteria that utilize lactate and digest cellulose. *Journal of Dairy Science*, 80(9), 2035–2044. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(97\)76148-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(97)76148-4).
- Calsamiglia, S., Blanch, M., Ferret, A., & Moya, D. (2012). Is subacute ruminal acidosis a pH related problem? Causes and tools for its control. *Animal Feed Science and Technology*, 172(1–2), 42–50. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2011.12.007>.
- Chaucheyras-Durand, F., Walker, N. D., & Bach, A. (2008). Effects of active dry yeasts on the rumen microbial ecosystem: Past, present and future. *Animal Feed Science and Technology*, 145(1–4), 5–26. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2007.04.019>.
- Dado, R. G., & Allen, M. S. (1995). Intake limitations, feeding behavior, and rumen function of cows challenged with rumen fill from dietary fiber or inert bulk. *Journal of Dairy Science*, 78(1), 119–133. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(95\)76622-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(95)76622-X).
- Desnoyers, M., Giger-Reverdin, S., Bertin, G., Duvaux-Ponter, C., & Sauvant, D. (2009). Meta-analysis of the influence of *Saccharomyces cerevisiae* supplementation on ruminal parameters and milk production of ruminants. *Journal of Dairy Science*, 92(4), 1620–1632. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1414>.
- DeVries, T. J., & Gill, R. M. (2012). Adding liquid feed to a total mixed ration reduces feed sorting behavior and improves productivity of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 95(5), 2648–2655. <https://doi.org/10.3168/jds.2011-4965>.
- Dirksen, G., Grunder, H.-D., & Stober, M. (2005). *Medicina interna y cirugía del bovino*. Inter-médica.
- Dukes, H. H., Reece, W. O., Figueiredo, C., Vanzellotti, I. R., & Zanon, R. F. (2006). *Fisiologia dos animais domésticos* (Vol. 1). Guanabara Koogan.
- Eastridge, M. L. (2006). Major advances in applied dairy cattle nutrition. *Journal of Dairy Science*, 89(4), 1311–1323. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72199-3](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72199-3).
- Enemark, J. M. D. (2008). The monitoring, prevention and treatment of sub-acute ruminal acidosis (SARA): A review. *The Veterinary Journal*, 176(1), 32–43. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2007.12.021>.
- Erdman, R. A. (1988). Dietary buffering requirements of the lactating dairy cow: A review. *Journal of Dairy Science*, 71(12), 3246–3266. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(88\)79930-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(88)79930-0).

- Erdman, R. A., Hemken, R. W., & Bull, L. S. (1982). Dietary sodium bicarbonate and magnesium oxide for early postpartum lactating dairy cows: Effects of production, acid-based metabolism, and digestion. *Journal of Dairy Science*. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(82\)82259-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(82)82259-5).
- Évora, P. R. B., & Garcia, L. V. (2008). Equilíbrio ácido-base. *Medicina*, 41(3), 301–311.
- FDA. (2015). *Food and Drug Administration of the US, Substances used as GRAS in food*. 21, CFR 184.
- Ferreira, D. J., Lana, R. P., Zanine, A. M., Santos, E. M., Veloso, C. M., & Ribeiro, G. A. (2013). Silage fermentation and chemical composition of elephant grass inoculated with rumen strains of *Streptococcus bovis*. *Animal Feed Science and Technology*, 183(1), 22–28. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2013.04.020>.
- González, L. A., Manteca, X., Calsamiglia, S., Schwartzkopf-Genswein, K. S., & Ferret, A. (2012). Ruminal acidosis in feedlot cattle: Interplay between feed ingredients, rumen function and feeding behavior (a review). *Animal Feed Science and Technology*, 172(1–2), 66–79. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2011.12.009>
- Goularte, S. R., Ítavo, L. C. V, Santos, G. T., Ítavo, C. C. B. F., Oliveira, L. C. S., Favaro, S. P., Dias, A. M., Torres Junior, R. A. A., & Bittar, C. M. M. (2011). Ácidos graxos voláteis no rúmen de vacas alimentadas com diferentes teores de concentrado na dieta. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 63(6), 1479–1486. <https://doi.org/10.1590/S0102-09352011000600027>.
- Guimarães, D. O., Momesso, L. S., & Pupo, M. T. (2010). Antibióticos: importância terapêutica e perspectivas para a descoberta e desenvolvimento de novos agentes. *Química Nova*, 33(3), 667–679. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422010000300035>.
- Herod, E. L., Bechtle, R. M., Bartley, E. E., & Dayton, A. D. (1978). Buffering ability of several compounds in vitro and the effect of a selected buffer combination on ruminal acid production in vivo. *Journal of Dairy Science*, 61(8), 1114–1122. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(78\)83695-9](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(78)83695-9).
- Hobson, P. N., & Stewart, C. S. (2012). *Rumen microbial ecosystem* (2nd ed.). Blackie Academic & Professional.
- Hossain, M. E. (2020). Sub-acute ruminal acidosis in dairy cows: Its causes, consequences and preventive measures. *Journal of Animal and Feed Research*, 10(1), 302–312. <https://doi.org/10.51227/ojafr.2020.41>.
- Jasaitis, D. K., Wohlt, J. E., & Evans, J. L. (1987). Influence of feed ion content on buffering capacity of ruminant feedstuffs in vitro. *Journal of Dairy Science*, 70(7), 1391–1403. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(87\)80161-3](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(87)80161-3).
- Jurie, C., Ortigues-Marty, I., Picard, B., Micol, D., & Hocquette, J. F. (2006). The separate effects of the nature of diet and grazing mobility on metabolic potential of muscles from Charolais steers. *Livestock Science*, 104(1–2), 182–192. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2006.04.016>.
- Kaufmann, W. (1976). Influence of the composition of the ration and the feeding frequency on pH-regulation in the rumen and on feed in-take in ruminants. *Livestock Production Science*, 3(2), 103–114. [https://doi.org/10.1016/0301-6226\(76\)90028-2](https://doi.org/10.1016/0301-6226(76)90028-2).
- Khalouei, H., Seranatne, V., Fehr, K., Guo, J., Yoon, I., Khafipour, E., & Plaizier, J. C. (2021). Effects of *Saccharomyces cerevisiae* fermentation products and subacute ruminal acidosis on feed intake, fermentation, and nutrient digestibilities in lactating dairy cows. *Canadian Journal of Animal Science*, 101, 143–157. <https://doi.org/10.1139/cjas-2020-0018>.
- Lana, R. P., Goes, R., Moreira, L. M., Mâncio, A. B., Fonseca, D. M., & Tedeschi, L. O. (2005). Application of Lineweaver–Burk data transformation to explain animal and plant performance as a function of nutrient supply. *Livestock Production Science*, 98(3), 219–224. <https://doi.org/10.1016/j.livprodsci.2005.03.008>.
- Leonardi, C., & Armentano, L. E. (2003). Effect of quantity, quality, and length of alfalfa hay on selective consumption by dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 86(2), 557–564. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(03\)73634-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)73634-0).
- Lesmeister, K. E., Heinrichs, A. J., & Gabler, M. T. (2004). Effects of supplemental yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) culture on rumen development, growth characteristics, and blood parameters in neonatal dairy calves. *Journal of Dairy Science*, 87(6), 1832–1839. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(04\)73340-8](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)73340-8).

- Li, S., Yoon, I., Scott, M., Khafipour, E., & Plaizier, J. C. (2016). Impact of *Saccharomyces cerevisiae* fermentation product and subacute ruminal acidosis on production, inflammation, and fermentation in the rumen and hindgut of dairy cows. *Animal Feed Science and Technology*, 211, 50–60. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2015.10.010>.
- Maeda, E. M., Zeoula, L. M., Jobim, C. C., Bertaglia, F., Jonker, R. C., Geron, L. J. V., & Henrique, D. S. (2011). Chemical composition, fermentation, in vitro digestibility and in situ degradability of sugar cane silages with *Lactobacillus*, urea and agricultural byproduct. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 40(12), 2866–2877. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982011001200034>.
- Manson, F. J. and, & Leaver, J. D. (1988). The influence of concentrate amount on locomotion and clinical lameness in dairy cattle. *Animal Science*, 47(2), 185–190. <https://doi.org/10.1017/S0003356100003251>.
- Maulfair, D. D., McIntyre, K. K., & Heinrichs, A. J. (2013). Subacute ruminal acidosis and total mixed ration preference in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 96(10), 6610–6620. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-6771>.
- Mertens, D. R. (1997). Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 80(7), 1463–1481. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(97\)76075-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(97)76075-2).
- Mertens, D. R., & Lofton, J. R. (1980). The effect of starch on forage fiber digestion kinetics in vitro. *Journal of Dairy Science*, 63(9), 1437–1446.
- Mohammed, S. F., Mahmood, F. A., & Abas, E. R. (2018). A review on effects of yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) as feed additives in ruminants performance. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 6(2), 629–635.
- Nagaraja, T. G., & Titgemeyer, E. C. (2007). Ruminal acidosis in beef cattle: The current microbiological and nutritional outlook. *Journal of Dairy Science*, 90(Supp), E17–E38. <https://doi.org/10.3168/jds.2006-478>.
- Nisbet, D. J., & Martin, S. A. (1991). Effect of a *Saccharomyces cerevisiae* culture on lactate utilization by the ruminal bacterium *Selenomonas ruminantium*. *Journal of Animal Science*, 69(11), 4628–4633.
- Nocek, J. E. (1997). Bovine acidosis: Implications on laminitis. *Journal of Dairy Science*, 80(5), 1005–1028.
- Novilla, M. N. (2018). Ionophores. In *Veterinary Toxicology* (pp. 1073–1092). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811410-0.00078-7>
- Nusshag, W. M. de A., & Romero, J. (1980). *Compendio de anatomía y fisiología de los animales domésticos* (Issue 636.0892 N8C6). Acribia.
- Ogunade, I., Pech-Cervantes, A., & Schweickart, H. (2019). Metatranscriptomic analysis of sub-acute ruminal acidosis in beef cattle. *Animals*, 9(5), 1–12. <https://doi.org/10.3390/ani9050232>.
- OJEU. (2003). Regulation (EC) No 1831/2003 of the European Parliament and the Council of 22 September 2003 on additives for use in animal nutrition. In *Official Journal of European Union* (Issues 1–2, p. L268/36).
- Owens, F. N., Secrist, D. S., Hill, W. J., & Gill, D. R. (1998). Acidosis in cattle: a review. *Journal of Animal Science*, 76(1), 275–286. <https://doi.org/10.2527/1998.761275x>.
- Pinto, A., Passetti, R. A. C., Guerrero, A., Rivaroli, D. C., Perotto, D., & Prado, I. N. (2015). Concentrate levels of crossbred bulls slaughtered at 16 or 22 months: Performance and carcass characteristics. *Acta Scientiarum - Animal Sciences*, 37(2). <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v37i2.25116>
- Plaizier, J. C., Mesgaran, M. D., Derakhshani, H., Golder, H., Khafipour, E., Kleen, J. L., Lean, I., Loo, J., Penner, G., & Zebeli, Q. (2018). Review: Enhancing gastrointestinal health in dairy cows. *Animal*, 12(s2), s399–s418. <https://doi.org/10.1017/S1751731118001921>;
- Playne, M. J., & McDonald, P. (1966). The buffering constituents of herbage and of silage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 17(6), 264–268. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2740170609>.
- Polli, V. A., Restle, J., Senna, D. B., & Almeida, S. R. S. (1996). Aspectos relativos à ruminação de bovinos e bubalinos em regime de confinamento. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 25(5), 987–993.

- Poppy, G. D., Rabiee, A. R., Lean, I. J., Sanchez, W. K., Dorton, K. L., & Morley, P. S. (2012). A meta-analysis of the effects of feeding yeast culture produced by anaerobic fermentation of *Saccharomyces cerevisiae* on milk production of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 95(10), 6027–6041.
- Prado, I. N., & Moreira, F. B. (2002). *Suplementação de bovinos no pasto e alimentos usados na bovinocultura* (Vol. 1). Eduem.
- Reece, W. O. (2008). *Anatomia funcional e fisiologia dos animais domésticos*. Editora Roca.
- Reig, M., & Toldrá, F. (2008). Veterinary drug residues in meat: Concerns and rapid methods for detection. *Meat Science*, 78(1–2), 60–67. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.07.029>.
- Ribeiro, P. H., & Gobetti, S. T. C. (2018). Alimentos tamponantes para bovinos. *Ciência Veterinária UniFil*, 1(1), 20–32.
- Ribeiro, V. L., Batista, Â., Carvalho, F. F. R., Silva, M. J. M. S., Mattos, C. W., & Alves, K. S. (2009). Seletividade e composição da dieta ingerida por caprinos recebendo alimentação à vontade e restrita. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 4(1), 91–94.
- Robinson, P. H., & Erasmus, L. J. (2009). Effects of analyzable diet components on responses of lactating dairy cows to *Saccharomyces cerevisiae* based yeast products: A systematic review of the literature. *Animal Feed Science and Technology*, 149(3–4), 185–198. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2008.10.003>.
- Robinson, P. H., Karges, K., & Gibson, M. L. (2008). Nutritional evaluation of four co-product feedstuffs from the motor fuel ethanol distillation industry in the Midwestern USA. *Animal Feed Science and Technology*, 146(3–4), 345–352. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2008.01.004>.
- Russell, J B, & Houlihan, A. J. (2003). Ionophore resistance of ruminal bacteria and its potential impact on human health. *FEMS Microbiology Reviews*, 27(1), 65–74. [https://doi.org/10.1016/S0168-6445\(03\)00019-6](https://doi.org/10.1016/S0168-6445(03)00019-6).
- Russell, J B, & Strobel, H. J. (1989). Effect of ionophores on ruminal fermentation. *Applied and Environmental Microbiology*, 55(1), 1–6. <https://doi.org/10.1128/aem.55.1.1-6.1989>.
- Russell, James B., & Chow, J. M. (1993). Another theory for the action of ruminal buffer salts: Decreased starch fermentation and propionate production. *Journal of Dairy Science*. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(93\)77407-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(93)77407-X)
- Salmanov, A. G., Kotsyumbas, I. Y. A., & Trokhymchuk, V. V. (2018). One World — One Health. *International Journal of Antibiotics and Probiotics*, 2(1), 8–17. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.31405/ijap.2-1.18.01>.
- Sartori, E. D., Canozzi, M. E. A., Zago, D., Prates, Ê. R., Velho, J. P., & Barcellos, J. O. J. (2017). The effect of live yeast supplementation on beef cattle performance: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Agricultural Science*, 9(4), 21–37.
- Schingoethe, D. J., Linke, K. N., Kalscheur, K. F., Hippen, A. R., Rennich, D. R., & Yoon, I. (2004). Feed efficiency of mid-lactation dairy cows fed yeast culture during summer. *Journal of Dairy Science*, 87(12), 4178–4181. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(04\)73561-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)73561-4).
- Shaver, R. D. (2002). Rumen acidosis in dairy cattle: Bunk management considerations. *Advanced Dairy Technology*, 14, 241–249.
- Shen, Y., Wang, H., Ran, T., Yoon, I., Saleem, A. M., & Yang, W. (2018). Influence of yeast culture and feed antibiotics on ruminal fermentation and site and extent of digestion in beef heifers fed high grain rations. *Journal of Animal Science*, 96(9), 3916–3927. <https://doi.org/10.1093/jas/sky249>.
- Shurson, G. C. (2018). Yeast and yeast derivatives in feed additives and ingredients: Sources, characteristics, animal responses, and quantification methods. *Animal Feed Science and Technology*, 235(June 2017), 60–76. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2017.11.010>.
- Spears, J. W. (1990). Ionophores and nutrient digestion and absorption in ruminants. *The Journal of Nutrition*, 120(6), 632–638. <https://doi.org/10.1093/jn/120.6.632>.
- Spears, J. W. (1996). Beef nutrition in the 21st century. *Animal Feed Science and Technology*, 58(1–2), 29–35. [https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/0377-8401\(95\)00871-3](https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/0377-8401(95)00871-3)
- Stella, A. V., Paratte, R., Valnegri, L., Cigalino, G., Soncini, G., Chevaux, E., Dell’Orto, V., & Savoini, G. (2007). Effect of administration of live *Saccharomyces cerevisiae* on milk production, milk

- composition, blood metabolites, and faecal flora in early lactating dairy goats. *Small Ruminant Research*, 67(1), 7–13. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2005.08.024>.
- Stewart, G. C. (2017). Streptococcus e enterococcus. In D. S. McVey, M. Kennedy, & M. M. Chengappa (Eds.), *Microbiologia Veterinária* (pp. 199–200). Koogan Guanabara.
- Stone, W. C. (2004). Nutritional approaches to minimize subacute ruminal acidosis and laminitis in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 87, Supple(0), E13–E26. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(04\)70057-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)70057-0).
- Suárez, B. J., Van Reenen, C. G., Beldman, G., van Delen, J., Dijkstra, J., & Gerrits, W. J. J. (2006). Effects of supplementing concentrates differing in carbohydrate composition in veal calf diets: I. Animal performance and rumen fermentation characteristics. *Journal of Dairy Science*, 89(11), 4365–4375. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72483-3](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72483-3).
- Teixeira, J. C. (1996). *Fisiologia digestiva dos animais ruminantes*. Lavras: UFLA/FAEPE.
- Tripathi, M. K., & Karim, S. A. (2010). Effect of individual and mixed live yeast culture feeding on growth performance, nutrient utilization and microbial crude protein synthesis in lambs. *Animal Feed Science and Technology*, 155(2–4), 163–171. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2009.11.007>.
- Tun, H. M., Li, S., Yoon, I., Meale, S. J., Azevedo, P. A., Khafipour, E., & Plaizier, J. C. (2020). *Saccharomyces cerevisiae* fermentation products (SCFP) stabilize the ruminal microbiota of lactating dairy cows during periods of a depressed rumen pH. *BMC Veterinary Research*, 16(1), 1–17.
- Valadares Filho, S. C., Pina, D. S., & FUNEP. (2011). Fermentação ruminal. In T. T. Berchielli, A. V. Pires, & S. G. Oliveira (Eds.), *Nutrição de Ruminantes* (Issue 2th ed., pp. 161–192). FUNEP.
- Van Elswyk, M. E., & McNeill, S. H. (2014). Impact of grass/forage feeding versus grain finishing on beef nutrients and sensory quality: The U.S. experience. *Meat Science*, 96(1), 535–540. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.08.010>.
- Van Soest, P. J. (1994). Nutritional ecology of the ruminant. In *Nutritional Ecology of the Ruminant* (Vol. 1, Issue 2). Cornell University Press. <https://doi.org/10.7591/9781501732355>
- Welch, J. G., Smith, A. M., & Gibson, K. S. (1970). Rumination time in four breeds of dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 53(1), 89–91. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(70\)86153-7](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(70)86153-7).
- Wohlt, J. E., Jasaitis, D. K., & Evans, J. L. (1987). Use of acid and base titrations to evaluate the buffering capacity of ruminant feedstuffs in vitro. *Journal of Dairy Science*, 70(7), 1465–1470. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(87\)80170-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(87)80170-4).
- Yang, W. Z., & Beauchemin, K. A. (2006). Physically effective fiber: method of determination and effects on chewing, ruminal acidosis, and digestion by dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 89(7), 2618–2633.
- Yang, W. Z., Beauchemin, K. A., & Rode, L. M. (2001). Effects of grain processing, forage to concentrate ratio, and forage particle size on rumen pH and digestion by dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 84(10), 2203–2216. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(01\)74667-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(01)74667-X).
- Zebeli, Q., Aschenbach, J. R., Tafaj, M., Boguhn, J., Ametaj, B. N., & Drochner, W. (2012). Invited review: Role of physically effective fiber and estimation of dietary fiber adequacy in high-producing dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 95(3), 1041–1056. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.3168/jds.2011-4421>.
- Zeoula, L. M., Beleze, J. R. F., Maeda, E. M., Simioni, F. L., Geron, L. J. V., & Rigolon, L. P. (2011). Yeast culture or monensin in the diet of cattle and buffalos on ruminal fermentation and microbial efficiency. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 33(4), 379–386. <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v33i4.11264>.

Histórico do artigo:

Recebido: 30 de abril de 2022.

Aprovado: 23 de maio de 2022.

Disponível online: 1 de junho de 2022

Licenciamento: Este artigo é publicado na modalidade Acesso Aberto sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 (CC-BY 4.0), a qual permite uso irrestrito, distribuição, reprodução em qualquer meio, desde que o autor e a fonte sejam devidamente creditados.