

<https://doi.org/10.31533/pubvet.v16n06a1135.1-11>

SARA (Subacute Ruminal Acidosis) sua caracterização e consequências em bovinos: Revisão

Tatiane Rogélio Ramos¹ , Rodolpho Martin do Prado⁴ , Mariana Garcia Ornaghi² ,
Osmair Flávio Stuani² , Giovana Pereira Penha³ , Ivanor Nunes do Prado^{4*} 

¹Discente de Doutorado do Programa de Pós-graduação em Zootecnia da Universidade Estadual de Maringá, Paraná, Brasil

²Técnico da Empresa Safeeds, Toledo, Brasil

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

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

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

Resumo. A presença da acidose ruminal subaguda (SARA) nos rebanhos bovinos, principalmente, nos produtores de leite tem uma consequência direta na saúde e bem-estar animal, redução na imuno mediação e lucratividade do setor. A SARA pode ser caracterizada como um quadro clínico em decorrência da fermentação ruminal. Em animais de alta produção, a dieta é balanceada com altos teores de grãos, ricos em carboidratos. Desta forma, a degradação destes carboidratos no rúmen aumenta os teores de ácidos graxos voláteis de cadeia curta e ácido láctico. Esse processo leva à uma redução do pH ruminal, abaixo de 5,8 e, por consequência, distúrbio generalizado neste compartimento. Além destes distúrbios no rúmen, a SARA pode reduzir a digestibilidade aparente dos nutrientes no compartimento intestinal. Ainda mais, a SARA pode provocar outras alterações no epitélio do rúmen e retículo e, como consequência, abscessos em órgãos relacionado como, por exemplo, intestinos, fígado, coração e pulmões. Por fim, este quadro clínico complexo vai provocar o aparecimento da laminite.

Palavras-chave: Acidose ruminal, ácidos graxos, fígado, laminite, pH

SARA (Subacute Ruminal Acidosis) its characterization and consequences in cattle: Review

Abstract. The presence of subacute ruminal acidosis (SARA) in cattle herds, especially in dairy producers, has a direct consequence on health, animal welfare, reduction in immune mediation and profitability of the sector. SARA can be characterized as a clinical condition resulting from ruminal fermentation. For high production animals, the diets are balanced with high levels of grains, rich in carbohydrates. Thus, the degradation of these carbohydrates in the rumen increases the levels of short-chain volatile fatty acids and lactic acid. This process leads to a reduction in ruminal pH, below 5.8 and, consequently, a generalized disturbance in this compartment. In addition to these rumen disturbances, SARA can reduce the apparent digestibility of nutrients in the intestinal compartment. Still, SARA can cause other changes in the rumen epithelium and reticulum and, as a consequence, abscesses in related organs such as intestines, liver, heart and lungs. Ultimately, these complex clinical injuries will lead to the appearance of laminitis.

Keywords: Ruminal acidosis, fatty acids, liver, laminitis, pH

Introdução

Para atender o alto potencial de produção de leite e carne dos ruminantes é necessário o fornecimento de dietas ricas em energia, com alto teor de grãos (carboidratos de alta/média fermentação) e baixo teor

de fibras ([Plaizier et al., 2008](#)). O fornecimento dessas dietas modifica a dinâmica ruminal, reduzindo o pH e alterando a composição de ácidos graxos voláteis (AGVs). Ocorre um aumento nas concentrações de AGVs totais, propionato, butirato e um aumento na concentração de ácido lático e na razão de acetato e propionato ([Li et al., 2012](#); [Plaizier et al., 2018](#)).

A queda do pH ruminal pode causar uma acidose ruminal subaguda (SARA). SARA foi caracterizada como sendo uma moderada e reversível redução do pH ruminal ([Krause & Oetzel, 2005](#); [Plaizier et al., 2008, 2012, 2018](#)). Este distúrbio prejudica a produção e a saúde dos ruminantes, diminuindo a produção de gordura do leite ([Enemark, 2008](#)) e menor desempenho de bovinos de corte terminados em confinamento ([Calsamiglia et al., 2012](#)). Além disso, esse distúrbio reduz a eficiência da utilização de nutrientes, a funcionalidade do epitélio ruminal e ingestão de alimentos, além de causar inflamação, laminite e diarreia ([Gozho et al., 2005](#); [Nagaraja & Titgemeyer, 2007](#); [Plaizier et al., 2018](#); [Xu et al., 2016](#)). Além disso, a SARA pode reduzir a digestão microbiana (especialmente de fibra) no rúmen e intestino grosso. Como para muitos microrganismos do rúmen e do intestino grosso, suas enzimas são sensíveis a um pH ruminal baixo, assim, poderão ter suas ações reduzidas pela SARA ([Benchaa et al., 2001](#); [Russell & Dombrowski, 1980](#); [Russell & Wilson, 1996](#); [Shi & Weimer, 1992](#)).

Esta revisão tem objetivo de caracterizar e discutir, em parte, a presença da SARA em rebanhos de bovinos e suas consequências nos parâmetros mais afetados pela doença. Foram consultados nos principais repositórios disponíveis na literatura mais de uma de dezena de centenas de artigos científicos.

Diagnóstico da SARA

O quadro clínico da SARA não é completamente conhecido e, desta forma, o diagnóstico é complicado devido as variáveis implicadas e as características dos sinais subagudos ([Abdela, 2016](#)). Além disso, alguns sinais da SARA podem aparecer após semanas ou meses após a ocorrência do quadro clínico. Em razão disso, a não manifestação de sinais patogênicos concretos e a demora no aparecimento de sinais subclínicos da causa real da SARA permanece desconhecida em alguns rebanhos leiteiros ([Abdela, 2016](#)). Além disso, a ocorrência de sinais subclínicos aparentes da SARA em alguns rebanhos leiteiros, antes da confirmação da doença, necessitam de um diagnóstico positivo, em função da dificuldade em detectar de forma concreta a presença da SARA ([Tajik & Nazifi, 2011](#)). Por outro lado, alguns pesquisadores ([Duffield et al., 2004](#); [Nordlund et al., 1995](#); [Tajik & Nazifi, 2011](#)) afirmam que compostos e alterações do líquido ruminal podem ser usados para a identificação do quadro de SARA nos animais.

O aparecimento da SARA nos rebanhos leiteiros pode ser monitorado pelo perfil de ácidos graxos no leite, uma vez que a doença induz uma alteração significativa na composição dos ácidos graxos. Da mesma forma, o comportamento dos animais no momento da alimentação pode ser um instrumento para detecção da SARA ([Li et al., 2013](#)).

Algumas técnicas clássicas são usadas para o diagnóstico da SARA, como segue: 1. pH ruminal. Embora não haja um acordo sobre o valor ideal do pH para o diagnóstico da SARA, pH abaixo de 5,5, entre 5,2 e 5,5 ou abaixo de 6,0 tem sido usado como o limite da queda do pH para caracterizar a SARA ([Khafipour et al., 2009](#)). 2. Rumenocentese foi apresentada como uma técnica para caracterização a SARA em bovinos leiteiros por Nordlund et al. (1995). Por essa técnica, uma alíquota do líquido ruminal é obtido por aspiração com uma agulha percutânea da parte caudoventral do rúmen. Duffield et al. (2004) descreveram que esta técnica seria mais eficiente do que a técnica oro-ruminal com o uso de uma bomba de aspiração via a boca do animal. No caso da técnica oro-ruminal pode ocorrer uma contaminação do líquido ruminal com a saliva no momento da introdução da cânula pelo esôfago. É uma técnica que permite a coleta de líquido ruminal sem contaminações com a saliva, por exemplo ([Abdela, 2016](#)). No entanto, o grande problema é o uso de uma técnica invasiva repetidas vezes no mesmo animal que poderia causar uma inflamação do local levando ao aparecimento de abscessos ([Mialon et al., 2012](#)). Da mesma forma, esta técnica poderá reduzir a produção em vacas leiteiras ([Abdela, 2016](#)). 3. Técnica oro-ruminal. Esta técnica não é considerada como aceitável para o diagnóstico da SARA. Neste procedimento, o líquido ruminal é coletado por um tubo introduzido pela boca do animal, passando pelo esôfago, até atingir o rúmen. No entanto, a pureza das amostras coletadas com esta técnica é questionável, porque o pH pode variar muito em função do local real de coleta, da contaminação pela saliva e o tempo de amostragem após a alimentação ([Enemark, 2008](#)). 4. Cânula ruminal. A cânula

ruminal é o método mais aceitável pelos pesquisadores ([Nocek, 1997](#)). No entanto, as repetidas vezes de abertura e fechamento da cânula (com a tampa) perturba o animal e, quando não bem inserida, pode provocar a saída do líquido ruminal ([Tajik & Nazifi, 2011](#)). 5. pH Data Logger. Este pode ser considerado o melhor método para medição do pH ruminal ([Dado & Allen, 1993](#)). O dispositivo é introduzido diretamente dentro do rúmen e mede a flutuação do pH em tempo real ([Alzahal et al., 2007](#)). Este aparelho está disponível do mercado que vem acoplado a uma sistema de wireless para medir o pH a cada cinco segundos ([Penner et al., 2006](#)). No entanto, o gargalo limitante para o uso deste equipamento é seu preço real. Ainda, exige-se um equipamento para cada animal em estudo. 6. Aspectos das fezes. Método pouco usado e de difícil interpretação. O aumento de grãos na dieta pode induzir o aparecimento da SARA e pode, da mesma forma, aumentar maior taxa de passagem dos nutrientes pelo rúmen que, por sua vez, alcançam o trato gastrointestinal inferior. Assim, a maior taxa de fermentação no intestino aumenta a consistência e aparência das fezes. Assim sendo, a observação da aparência das fezes poderia ser usada como indicação da SARA ([Abdela, 2016](#)). Fezes mais aquosas, mais espumosas e com presença de mucinas indicam uma maior fermentação no compartimento intestinal, sugerindo um distúrbio do epitélio do trato gastrointestinal ([Li et al., 2013](#)). 7. Presença de Lipopolissacarídeos (LPS) nas fezes. Dietas com altas concentrações de grãos induzem o aparecimento da SARA em ruminantes. A fermentação de grãos proporções de carboidratos solúveis induzem o aparecimento de LPS no rúmen e, posteriormente, nas fezes. O aparecimento do LPS está associado diretamente as endotoxinas produzidas pelas bactérias gram-negativas no rúmen e sua presença nas fezes ([Li et al., 2012b](#)). Da mesma forma, [Plaizier et al. \(2008\)](#) observaram em vacas leiteiras alimentadas com baixo teor de FDN apresentaram maior teor fecal de LPS. Desta forma, esses autores propuseram de que o teor de LPS poderia ser um indicador de SARA.

pH ruminal

Os limites de redução do pH ruminal durante o período da SARA não estão bem definidos e caracterizados. Os estudos usam limites de pH diferentes para caracterizar a SARA ([Plaizier et al., 2017b](#)). [Cooper et al. \(1999\)](#) usaram um limite de pH ruminal entre pH 5,2 e 5,6 para caracterizar a SARA; enquanto [Beauchemin et al. \(2003\)](#) usaram um limite de pH ruminal de 5,8. Em alguns estudos, uma redução do pH ruminal abaixo de 5,6 por mais de 180 minutos foi usado como o limite para caracterizar a SARA, uma vez que apenas reduções ruminais semelhantes ou maiores reduziram a ingestão de matéria seca e causaram uma resposta inflamatória ([Gozho et al., 2007](#)).

Os baixos valores de pH no rúmen podem causar reduções nas populações de bactérias fibrolíticas devido à dificuldade em colonizar as partículas dos alimentos ([Cheng & Costerton, 1980](#)). Da mesma forma, pode causar redução na taxa de multiplicação dos microrganismos ([Russell & Dombrowski, 1980](#)). Na realidade, após a ingestão de dietas com carboidratos de alta fermentação que entram no rúmen, por um processo normal, as bactérias amilolíticas produzem grande proporção de piruvato e, na sequência, os AGVs que reduzem de forma significativa o pH ruminal. A queda do pH reduz a multiplicação das bactérias gram-negativas, entre elas, as bactérias que consomem o ácido lático como, por exemplo, as *Megasphaera eldesni* e *Selenomonas ruminantium* (as quais convertem lactato em piruvato). Ao contrário, ocorre um aumento na população de bactérias gram-positivas como, por exemplo, *Streptococcus bovis*, conhecidas como bactérias produtoras de ácido lático. Estas mudanças induzem uma modificação na composição da microbiota ruminal reduzindo o pH ruminal e um aumento da produção de ácido lático, um potente ácido (10 vezes mais que os AGVs). A redução do pH ruminal permite o crescimento somente de bactérias resistentes ao baixo pH como, por exemplo, *Lactobacillus* spp., as quais são ótimas produtoras especialmente de D-Lactato. Deste modo, pode ocorrer uma queda drástica do pH, podendo inclusive, atingir valores próximos de 3,8 (ponto isoelétrico deste ácido). Neste ponto de pH, quando o ácido aparece na forma de não dissociado, determina a passagem do ácido para a corrente sanguínea, resultando na acidose metabólica ([Hernández et al., 2014](#)).

Composição dos ácidos graxos voláteis (AGVs) no rúmen

A indução da SARA aumenta as concentrações ruminais de propionato, butirato, AGVs totais e lactato e reduz as concentrações de acetato e a razão acetato/propionato ([Khalouei et al., 2021](#)). Essas mudanças são normalmente observadas durante uma alimentação com dietas de alto grãos ([Gozho et al., 2007](#); [Plaizier et al., 2017](#); [Pourazad et al., 2016](#)). A fermentação de carboidratos não fibrosos produz

mais AGVs e lactato do que a fermentação da fibra, uma vez que a microbiota altera sua via metabólica para produzir mais propionato e menos acetato, na tentativa de reduzir a queda do pH ruminal ([Plaizier et al., 2018](#); [Plaizier et al., 2017](#); [Russell & Rychlik, 2001](#)).

Com base nas concentrações de AGVs no rúmen, a recuperação da SARA pode ser rápida. A recuperação de uma indução da SARA para outra indução pode demorar mais se esta indução reduzir muito a capacidade de absorção do epitélio ruminal e alterar a composição e funcionalidade da microbiota ruminal ([Dohme et al., 2008](#)). Considerando os valores de pH do rúmen, a SARA induzida por Dohme et al. (2008) e Pourazad et al. (2016) foram bastante graves. Por outro lado, os impactos das induções da SARA, incluindo seus efeitos sobre a microbiota e epitélio ruminal, podem ser menos graves e, desta forma, a recuperação da SARA poderia ser mais rápida em alguns estudos.

Lipopolissacarídeos ruminais – LPS

Durante a acidose ruminal (SARA), a população das bactérias é alterada. Desta forma, a concentração das bactérias Gram-negativas diminui ([Li et al., 2012](#)). O decréscimo na concentração das bactérias Gram-negativas durante a acidose é seguido pelo acúmulo de resíduos das bactérias pela lise das bactérias no líquido ruminal. As bactérias Gram-negativas contêm LPS na sua membrana externa, a qual é liberada durante o crescimento, divisão e morte; embora a lise (morte) da bactéria é, de modo geral, o principal fator de contribuição para a liberação da LPS ([Petsch & Anspach, 2000](#)). Da mesma forma, dietas associadas à acidose ruminal pode aumentar a liberação durante a acidose ruminal ([Plaizier et al., 2014](#)). Assim, durante a acidose ruminal, LPS liberada pelas bactérias Gram-negativa se acumulam no líquido ruminal e pode se tornar tóxica para os ruminantes ([Plaizier et al., 2012](#)).

Digestibilidade da fibra detergente neutro

Plaizier et al. (2001) e Krajcarski-Hunt et al. (2002) observaram que a indução experimental da SARA, via uma dieta com alto teor de grãos, reduziu a degradabilidade *in situ* (rúmen) da fibra em detergente neutro (FDN) das forragens em 24 horas entre 19,6% e 20,5%. No entanto, isso não significa que a digestibilidade no trato gastrointestinal total também fosse reduzida, uma vez que o aumento da digestibilidade intestinal pode compensar a degradabilidade reduzida da fibra no rúmen ([Demeyer, 1991](#)). No entanto, como a SARA pode aumentar a fermentação e a acidez no intestino grosso ([Li et al., 2012](#)), assim também pode reduzir a digestão das fibras neste.

Digestibilidade da fibra em detergente ácido

O coeficiente de digestibilidade aparente da fibra detergente ácido é menor durante o período de indução da SARA ([Xu et al., 2016](#)). Todavia, essa digestibilidade é recuperada rapidamente após o período da indução da SARA ([Khalouei et al., 2021](#)). As reduções da digestibilidade da fibra detergente ácido também foram observadas por ([Krajcarski-Hunt et al., 2002](#); [Plaizier et al., 2001](#)) com dietas de alto grãos. Shi et al. (2019) observaram que aumentando o amido da dieta de 22% para 28% da matéria seca reduziu a digestibilidade aparente da fibra detergente ácido no sétimo dia, mas não no dia 21 da lactação de vacas. A redução da digestibilidade da fibra em detergente ácido decorrente da indução da SARA pode ser atribuída à sensibilidade das bactérias fibrolíticas em baixo pH. A faixa de atuação do pH ruminal ideal para atuação das bactérias fibrolíticas é de 6,5 a 7,0. Em pH abaixo de pH 6,0 as bactérias fibrolíticas são mais sensíveis ([Shi & Weimer, 1992](#)). Calsamiglia et al. (2002) seguiram o protocolo de cultura contínua de fluxo duplo e observaram que a indução da SARA reduz a digestibilidade de fibra em detergente neutro no rúmen de 53,8% para um pH constante de 6,4 para 34,3% em pH de 5,7. No entanto, alternando os ciclos de baixo (5,7) e alto (6,7) pH a redução da digestibilidade da fibra em detergente ácido foi intermediária, sugerindo que as populações de bactérias fibrolíticas no rúmen se recuperaram rapidamente da redução do pH.

Vários estudos mostraram que a indução da SARA reduz a população de várias bactérias fibrolíticas no rúmen e no intestino ([Khafipour et al., 2009](#); [Li et al., 2012](#); [Mao et al., 2013](#)), o que pode explicar por que a indução da SARA reduz a digestibilidade da fibra em detergente ácido no trato gastrointestinal total. No entanto, como muitos genes são compartilhados por vários táxons microbianos ([Weimer, 2015](#)), redução na abundância de algumas bactérias fibrolíticas no rúmen e intestino grosso pode não resultar uma redução das atividades fibrolíticas do rúmen e intestino, a menos que as espécies

impactadas estejam na estrutura populacional da comunidade. A ausência de diferenças na fibra detergente neutro sugere que a funcionalidade fibrolítica do rúmen e intestino, a microbiota se recupera rapidamente da indução da SARA. Essa recuperação pode ser devido a aumentos na abundância de microrganismos fibrolíticos ([Russell & Dombrowski, 1980](#)).

Digestibilidade do amido

Khalouei et al. ([2021](#)) observaram aumento na digestibilidade do amido, conforme aumentou-se o teor de amido na dieta durante a SARA em vacas multíparas em lactação. No estudo de Shi et al. ([2019](#)), a digestibilidade do amido foi aumentada de 22,1% para 28,3% da MS, enquanto que no estudo de Khalouei et al. ([2021](#)) o aumento da digestibilidade do amido foi de 18,6% para 27,9%. As diferenças entre os estudos podem ter sido devido ao maior aumento do amido na dieta, que pode resultar no aumento maior no amido de *bypass* ruminal, compensando assim uma redução na digestão ruminal do amido ([Remond et al., 2004](#)).

Absorção do fósforo

A absorção do fósforo no trato gastrointestinal total é mais baixa durante a SARA estágio em comparação com o estágio pré SARA. Isso sugere que, em contraste com a fibra detergente ácido, apenas a indução do período de SARA prolongado e alimentação prolongada de dietas excessivamente ricas em grãos reduz a absorção do fósforo. No momento da indução da SARA, as forragens são substituídas por grãos. Apesar disso, a dieta de indução aumenta pouco teor de fósforo na dieta de 0,45% a 0,47% da matéria seca. No entanto, como os grãos contêm mais fósforo na forma de fitato do que forragens ([NRC, 2000](#)), a indução da SARA com grãos aumentaria a proporção de fósforo dietético consistindo de fósforo na forma de fitato. Isso poderia reduzir a absorção do fósforo no trato gastrointestinal total. Portanto, o efeito da indução da SARA na atividade da fitase é mais provável explicação deste declínio gradual na absorção do fósforo. Godoy et al. ([2005](#)) mostraram que fitases ruminais podem não hidrolisar todo o fósforo na forma de fitato. Jarrett et al. ([2014](#)) observaram que a suplementação com fitases exógenas reduziu a excreção de total de fósforo na forma de fitato nas fezes, sugerindo que a degradação microbiana do fósforo na forma fitato é incompleta. Konietzny & Greiner ([2004](#)) observaram que a fitase é produzida por várias bactérias anaeróbicas do rúmen, incluindo as *Selenomonas ruminantium*, *Megasphaera elsdenii* e *Prevotella* sp. Indução da SARA com dietas à base de grãos em apenas alguns dias não reduzem muito as abundâncias dessas bactérias do rúmen ([Khafipour et al., 2009](#); [Plaizier et al., 2017](#)), embora Mao et al. ([2013](#)) observaram que a indução da SARA reduz as razões das populações das bactérias *Prevotella* sp. desta forma, as bactérias produtoras de fitases podem não responder rapidamente ao aumento de grãos na dieta e, assim, uma redução do pH ruminal, conforme a sensibilidade da colônia. Portanto, a resposta de produção de fitase no rúmen para SARA à base de grãos podem ser mais lentos do que a resposta digestão da fibra durante a SARA. No entanto, para provar isso, o monitoramento direto da atividade do fitato no rúmen para seguir esse quadro clínico seria necessário.

pH das fezes

A indução da SARA também reduz o pH fecal ([Khalouei et al., 2021](#)). A redução do pH fecal, indica que a SARA pode aumentar a fermentação microbiana no intestino grosso, provavelmente, aumentando a digestão do amido neste compartimento ([Li et al., 2012, 2016](#); [Plaizier et al., 2017b](#)). A indução da SARA aumenta a concentração de propionato nas fezes ([Plaizier et al., 2018](#); [Russell & Rychlik, 2001](#)). Todavia, a magnitude da redução do pH fecal durante a indução da SARA, não indica que uma acidose intestinal foi induzida ([Plaizier et al., 2018](#)). Pourazad et al. ([2016](#)) observaram que repetidas induções da SARA resultaram em reduções mais graves no pH fecal do que as induções precedentes. Isso mostra que os animais estavam mais susceptíveis à redução do pH fecal.

Abcessos de órgãos e tecidos adjacentes

A presença da SARA nos rebanhos está sempre associada às inflamações de diferentes órgãos e tecidos dos animais ([Kleen et al., 2003](#)). Caracterizações visuais ou resultados de exames laboratoriais podem auxiliar na constatação da SARA nos rebanhos ([Nordlund et al., 1995](#)). Por outro lado, as formas

crônicas de SARA podem estar associadas com a presença de abscessos no fígado ([Nordlund et al., 1995](#)). Da mesma forma, processos inflamatórios ou abscessos também foram diagnosticados nos rins, pulmões e corações ([Nordlund et al., 1995](#)). As inflamações dos pulmões podem desencadear um quadro de pneumonia bacteriana que pode levar o animal à óbito. Estes quadros clínicos, com certeza, levam à caquexia dos animais, contribuindo para uma redução no escore corporal determinando, assim, uma alta taxa de descarte ([Nordlund et al., 1995](#)).

As inflamações de vários órgãos e tecidos como, por exemplo, na parede do compartimento rúmen-retículo, no fígado, em animais de alta produção estão associadas ao desenvolvimento da acidose ruminal ([Malhi et al., 2013](#); [Nagaraja & Lechtenberg, 2007](#); [Oetzel, 2000](#)). No entanto, formas não agudas de acidose ruminal podem estar associadas as abscessos hepáticos ([Abdela, 2016](#); [Nagaraja & Lechtenberg, 2007](#); [Nordlund et al., 1995](#); [Rossow, 1984](#)). Da mesma forma, abscessos ou inflamações também foram observados nos rins ([Oetzel, 2000](#); [Rossow, 1984](#)), nos pulmões ([Nordlund et al., 1995](#)) e no coração ([Oetzel, 2000](#)). Segundo Nordlund et al. (1995) e Oetzel (2000) este conjunto de manifestações pode estar relacionado à presença de pneumonia bacteriana ou à síndrome da veia cava caudal. Esse conjunto de manifestações subclínicas ou agudas pode se manifestar no rebanho geral, contribuindo assim para uma condição corporal negativa descrita em rebanhos com SARA com alta taxa de descarte. Em determinados rebanhos leiteiros a taxa de descarte devido a SARA e suas consequências pode ser tão elevada como, por exemplo, mais de 40%.

Este quadro clínico de manifestações de várias patologias ao mesmo tempo, motivou alguns pesquisadores a caracterizarem o complexo envolvendo o epitélio ruminal e reticular, classificado como paraqueratose ruminal e/ou rumenite e abscesso hepático ([Kleen et al., 2003](#)). Na realidade, o desencadeamento deste processo inflamatório inicia-se no epitélio ruminal com aumento e complexação das papilas ruminais ([Scanlan & Hathcock, 1983](#); [Szemeredy & Raul, 1976](#)). Este aumento e complexação das papilas presentes no rúmen estão diretamente relacionados ao excesso de produção de ácidos graxos de cadeia curta no rúmen, provocado por dietas ricas em carboidratos ([Tamate et al., 1978](#)). O propionato e o butirato promovem o crescimento da papila ruminal proporcionando uma maior absorção pelo epitélio ruminal ([Costa et al., 2008](#)). Como demonstrado por vários trabalhos de pesquisa, durante o período de acidose os ácidos graxos estão presentes em maior quantidade rúmen ([Nagaraja & Titgemeyer, 2007](#); [Tajik & Nazifi, 2011](#)). A paraqueratose presente no rúmen pode evoluir para uma rumenite ([Kleen et al., 2003](#)). Após um período de absorção aumentada de ácidos graxos de cadeias curtas, as alterações sofridas pelo epitélio ruminal dificultam a atividade de absorção dos ácidos graxos, desta forma, acidificando o rúmen.

Assim sendo, a mucosa ruminal, como barreira entre o ambiente ruminal e a corrente sanguínea é danificada, permitindo que as bactérias atravessem a mucosa ruminal para o fluxo sanguíneo portal, colonizando o tecido hepático e daí se espalhando para outros tecidos semelhantes ao coração, pulmões e rins ([Nocek, 1997](#); [Nordlund et al., 1995](#)). Estudos microbiológicos mostraram que as bactérias recuperadas desses abscessos se assemelham às do rúmen e aos micros abscessos da mucosa ruminal, respectivamente. Estão presentes principalmente *Fusobacterium necrophorum* e *Arcanobacterium pyogenes* ([Nagaraja & Lechtenberg, 2007](#); [Scanlan & Hathcock, 1983](#)). Pode-se afirmar, portanto, que o SARA predispõe à colonização bacteriana, primeiramente do tecido hepático. A partir daí, outros órgãos podem ser colonizados, levando a um processo de abscesso generalizado dentro do corpo do ruminante. Os reflexos deste quadro clínico complexo são a perda da produção animal, piora na eficiência alimentar, altas taxas de descarte, indução de outras doenças secundárias ou aproveitadoras, desconforto animal, baixa da imunidade, entre outros fatores.

Laminite

A presença da laminite em rebanhos bovinos é um sinal clínico normalmente associado à manifestação da SARA nos quadros clínicos da presença da acidose subagudas de ácidos ([Abdela, 2016](#); [Greenough, 2007](#); [Ivany et al., 2002](#); [Kleen et al., 2003](#); [Nocek, 1997](#)). Na verdade, a presença da laminite em rebanhos comerciais é pouco relatada, embora algumas enquetes de campo tenham mencionado sua presença em alguns países em relatórios sobre pesquisas epidemiológicas ([Frankena et al., 1992](#)). A presença da laminite nos rebanhos, sobretudo, leiteiros do ocidente, causa perdas econômicas consideráveis, prejuízo ao bem-estar animal e predisposição a outras doenças em função da

redução da imunidade (Nelson & Cattell, 2000). Todavia, a etiologia definitiva da laminite bovina, bem como sua correlação com a SARA ainda são objetos de estudos (Frankena et al., 1992; Nordlund et al., 1995). De todo modo, sabe-se que existe uma determinada influência da alimentação na prevalência de laminite bovina e na patologia locomotora (Abdela, 2016; Kleen et al., 2003). Ruminantes de alta produção alimentados com dietas de alta densidade energética e proteica (alto grão) estão mais propensos ao aparecimento de patologias relacionadas à locomoção (Channon et al., 2009; Manson & Leaver, 1988; Manson & Leaver, 1988). Da mesma forma, a quantidade de alimentos e a frequência da alimentação em curto período de tempo também têm relação direta com o aparecimento de doenças locomotoras em animais de alto desempenho (Loberg et al., 2004). Da mesma forma, existe uma relação entre a condição corporal da vaca no momento da secagem com o aparecimento de patologias relacionadas à locomoção. Assim, vacas com bons escores no final do período de lactação estariam mais propensas à apresentar problemas de locomoção (Gearhart et al., 1990).

Por outro lado, sinais clínicos da presença da SARA em rebanhos de alta produção estão sendo bem relatados como, por exemplo, casco sem a coloração normal, presença de placas hemorrágicas nas solas dos pés, úlceras e abscessos com deformação dos cascos ou solas de paredes duplas (Krause & Oetzel, 2006; Nordlund et al., 1995). Deste modo, a presença de SARA deve ser suspeitada em rebanhos com alta incidência de animais apresentando claudicação clínica ou as lesões nos órgãos locomotores (Abdela, 2016; Enemark, 2008; Greenough, 2007). Todavia, as lesões perceptíveis e visíveis nos animais de alta produção acontecem depois das patologias estarem instalados há algum tempo. Estas lesões são as consequências do quadro clínico da SARA presente no rebanho.

Consideração final

O aparecimento da SARA em plantéis de alta produção (vacas de leite e bovinos de corte terminados em confinamento) tem ocorrido de forma mais frequentes nos últimos anos. Esse quadro clínico (SARA subaguda ou aguda) é decorrente do sistema de alimentação. Os rebanhos de alta produção necessitam de uma maior densidade energética e proteica. Para atender essa maior necessidade é obrigatório reduzir a ingestão de forragens e silagens (ricos em fibra) e aumentar a ingestão de carboidratos (cereais) e proteína (oleaginosas). Esse aumento provoca uma grande alteração na modulação ruminal (aumento da população das bactérias Gram-negativas e redução na Gram-positiva e acidificação do meio ruminal. A acidificação do meio ruminal (aumentos dos ácidos graxos de cadeia curta e ácido láctico) são os responsáveis direto pelo aparecimento do quadro clínico conhecido como 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>.
- Alzahal, O., Rustomo, B., Odongo, N. E., Duffield, T. F., & McBride, B. W. (2007). A system for continuous recording of ruminal pH in cattle. *Journal of Animal Science*, 85(1), 213–217.
- Beauchemin, K. A., Yang, W. Z., & Rode, L. M. (2003). Effects of particle size of alfalfa-based dairy cow diets on chewing activity, ruminal fermentation, and milk production. *Journal of Dairy Science*, 86(2), 630–643. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(03\)73641-8](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)73641-8).

- Benchaa, C., Pomar, C., & Chiquette, J. (2001). Evaluation of dietary strategies to reduce methane production in ruminants: A modelling approach. *Canadian Journal of Animal Science*, 81(4), 563–574. <https://doi.org/http://dix.doi.org/10.4141/A00-119>.
- 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>.
- Calsamiglia, S., Ferret, A., & Devant, M. (2002). Effects of pH and pH fluctuations on microbial fermentation and nutrient flow from a dual-flow continuous culture system. *Journal of Dairy Science*, 85(3), 574–579. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(02\)74111-8](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(02)74111-8).
- Channon, A. J., Walker, A. M., Pfau, T., Sheldon, I. M., & Wilson, A. M. (2009). Variability of Manson and Leaver locomotion scores assigned to dairy cows by different observers. *Veterinary Record*, 164(13), 388–392. <https://doi.org/10.1136/vr.164.13.388>.
- Cheng, K. J., & Costerton, J. W. (1980). The formation of microcolonies by rumen bacteria. *Canadian Journal of Microbiology*, 26(9), 1104–1113. <https://doi.org/10.1139/m80-183>.
- Cooper, R. J., Klopfenstein, T. J., Stock, R. A., Milton, C. T., Herold, D. W., & Parrott, J. C. (1999). Effects of imposed feed intake variation on acidosis and performance of finishing steers. *Journal of Animal Science*, 77(5), 1093–1099. <https://doi.org/10.2527/1999.7751093x>.
- Costa, S. F., Pereira, M. N., Melo, L. Q., Resende Júnior, J. C., & Chaves, M. L. (2008). Lactate, propionate and, butyrate induced morphological alterations on calf ruminal mucosa and epidermis-I Histological aspects. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 60(1), 1–9. <https://doi.org/http://dx.doi.org/doi:10.1590/S0102-09352008000100001>.
- Dado, R. G., & Allen, M. S. (1993). Continuous Computer Acquisition of Feed and Water Intakes, Chewing, Reticular Motility, and Ruminal pH of Cattle. *Journal of Dairy Science*, 76(6), 1589–1600. [https://doi.org/http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(93\)77492-5](https://doi.org/http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(93)77492-5)
- Demeyer, D. I. (1991). Quantitative aspects of microbial metabolism in the rumen and hindgut. In J. P. Journay (Ed.), *Rumen microbial metabolism and ruminant digestion* (pp. 217–237). Institut Nationale de la Recherche Agronomique.
- Dohme, F., DeVries, T. J., & Beauchemin, K. A. (2008). Repeated ruminal acidosis challenges in lactating dairy cows at high and low risk for developing acidosis: Ruminal pH. *Journal of Dairy Science*, 91(9), 3554–3567. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2102>.
- Duffield, T., Plaizier, J. C., Fairfield, A., Bagg, R., Vessie, G., Dick, P., Wilson, J., Aramini, J., & McBride, B. (2004). Comparison of techniques for measurement of rumen pH in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 87(1), 59–66. [https://doi.org/http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(04\)73142-2](https://doi.org/http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)73142-2)
- 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>.
- Frankena, K., van Keulen, K. A. S., Noordhuizen, J. P., Noordhuizen-Straasen, E. N., Gundelach, J., de Jong, D.-J., & Saedt, I. (1992). A cross-sectional study into prevalence and risk indicators of digital haemorrhages in female dairy calves. *Preventive Veterinary Medicine*, 14(1–2), 1–12. [https://doi.org/10.1016/0167-5877\(92\)90079-U](https://doi.org/10.1016/0167-5877(92)90079-U).
- Gearhart, M. A., Curtis, C. R., Erb, H. N., Smith, R. D., Sniffen, C. J., Chase, L. E., & Cooper, M. D. (1990). Relationship of changes in condition score to cow health in Holsteins. *Journal of Dairy Science*, 73(11), 3132–3140. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(90\)79002-9](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(90)79002-9).
- Godoy, S., Chicco, C., Meschy, F., & Requena, F. (2005). Phytic phosphorus and phytase activity of animal feed ingredients. *Interciencia*, 30(1), 24–28.
- Gozho, G. N., Krause, D. O., & Plaizier, J. C. (2007). Ruminal lipopolysaccharide concentration and inflammatory response during grain-induced subacute ruminal acidosis in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 90(2), 856–866. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(07\)71569-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(07)71569-2).

- Gozho, G. N., Plaizier, J. C., Krause, D. O., Kennedy, A. D., & Wittenberg, K. M. (2005). Subacute ruminal acidosis induces ruminal lipopolysaccharide endotoxin release and triggers an inflammatory response. *Journal of Dairy Science*. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(05\)72807-1](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(05)72807-1)
- Greenough, P. R. (2007). *Bovine laminitis and lameness: a hands on approach*. Elsevier Health Sciences.
- Hernández, J., Benedito, J. L., Abuelo, A., & Castillo, C. (2014). Ruminal acidosis in feedlot: from aetiology to prevention. *The Scientific World Journal*, 2014, ID 702572. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2005.08.004>.
- Ivany, J. M., Rings, D. M., & Anderson, D. E. (2002). Reticuloruminal disturbances in the bovine. *The Bovine Practitioner*, 36(1), 56–64.
- Jarrett, J. P., Wilson, J. W., Ray, P. P., & Knowlton, K. F. (2014). The effects of forage particle length and exogenous phytase inclusion on phosphorus digestion and absorption in lactating cows. *Journal of Dairy Science*, 97(1), 411–418. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7124>.
- Khafipour, E., Krause, D. O., & Plaizier, J. C. (2009). Alfalfa pellet-induced subacute ruminal acidosis in dairy cows increases bacterial endotoxin in the rumen without causing inflammation. *Journal of Dairy Science*, 92(4), 1712–1724. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1656>
- 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>.
- Kleen, J. L., Hooijer, G. A., Rehage, J., & Noordhuizen, J. (2003). Subacute ruminal acidosis (SARA): a review. *Journal of Veterinary Medicine Series A*, 50(8), 406–414. <https://doi.org/10.1046/j.1439-0442.2003.00569.x>.
- Konietzny, U., & Greiner, R. (2004). Bacterial phytase: potential application, in vivo function and regulation of its synthesis. *Brazilian Journal of Microbiology*, 35(1–2), 12–18. <https://doi.org/10.1590/s1517-83822004000100002>.
- Krajcarski-Hunt, H., Plaizier, J. C., Walton, J.-P., Spratt, R., & McBride, B. W. (2002). Effect of subacute ruminal acidosis on in situ fiber digestion in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 85(3), 570–573. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(02\)74110-6](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(02)74110-6).
- Krause, K. M., & Oetzel, G. R. (2005). Inducing subacute ruminal acidosis in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 88(10), 3633–3639. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(05\)73048-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(05)73048-4).
- Krause, K. M., & Oetzel, G. R. (2006). Understanding and preventing subacute ruminal acidosis in dairy herds: A review. *Animal Feed Science and Technology*, 126(3), 215–236.
- Li, S., Danscher, A. M., & Plaizier, J. C. (2013). Subacute ruminal acidosis (SARA) in dairy cattle: new developments in diagnostic aspects and feeding management. *Canadian Journal of Animal Science*, 94(1), 353–364.
- Li, S., Gozho, G. N., Gakhar, N., Khafipour, E., Krause, D. O., & Plaizier, J. C. (2012). Evaluation of diagnostic measures for subacute ruminal acidosis in dairy cows. *Canadian Journal of Animal Science*, 92(3), 353–364. <https://doi.org/10.4141/cjas2012-004>
- Li, S., Khafipour, E., Krause, D. O., Kroeker, A., Rodriguez-Lecompte, J. C., Gozho, G. N., & Plaizier, J. C. (2012b). Effects of subacute ruminal acidosis challenges on fermentation and endotoxins in the rumen and hindgut of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 95(1), 294–303. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.3168/jds.2011-4447>
- 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>.
- Loberg, J., Telezhenko, E., Bergsten, C., & Lidfors, L. (2004). Behaviour and claw health in tied dairy cows with varying access to exercise in an outdoor paddock. *Applied Animal Behaviour Science*, 89(1–2), 1–16. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.applanim.2004.04.009>
- Malhi, M., Gui, H., Yao, L., Aschenbach, J. R., Gäbel, G., & Shen, Z. (2013). Increased papillae growth

- and enhanced short-chain fatty acid absorption in the rumen of goats are associated with transient increases in cyclin D1 expression after ruminal butyrate infusion. *Journal of Dairy Science*, 96(12), 7603–7616. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.3168/jds.2013-6700>
- 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>.
- Manson, F. J., & Leaver, J. D. (1988). The influence of dietary protein intake and of hoof trimming on lameness in dairy cattle. *Animal Science*, 47(2), 191–199. <https://doi.org/10.1017/S0003356100003263>.
- Mao, H., Mao, H., Wang, J. K., Liu, J. X., & Yoon, I. (2013). Effects of *Saccharomyces cerevisiae* fermentation product on in vitro fermentation and microbial communities of low-quality forages and mixed diets. *Journal of Animal Science*, 91(7), 3291–3298. <https://doi.org/10.2527/jas.2012-5851>.
- Mialon, M.-M., Deiss, V., Andanson, S., Anglard, F., Doreau, M., & Veissier, I. (2012). An assessment of the impact of rumenocentesis on pain and stress in cattle and the effect of local anaesthesia. *The Veterinary Journal*, 194(1), 55–59.
- Nagaraja, T. G., & Lechtenberg, K. F. (2007). Liver abscesses in feedlot cattle. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 23(2), 351–369. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.cvfa.2007.05.002>
- 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>.
- Nelson, A. J., & Cattell, M. B. (2000). Culling and laminitis: real herds, real cows, real deaths. *The Bovine Practitioner*, 35, 42–45.
- Nocek, J. E. (1997). Bovine acidosis: Implications on laminitis. *Journal of Dairy Science*, 80(5), 1005–1028.
- Nordlund, K. V, Garrett, E. F., & Oetzel, G. R. (1995). Herd-based rumenocentesis-a clinical approach to the diagnosis of sub acute rumen acidosis. *The Compendium X*, 17(8), s48–s56.
- NRC. (2000). *Nutrient Requirements of Beef Cattle* (7th rev.). Natl. Acad. Press.
- Oetzel, G. R. (2000). Clinical aspects of ruminal acidosis in dairy cattle. *American Association of Bovine Practitioners Proceedings of the Annual Conference*, 46–53.
- Penner, G. B., Beauchemin, K. A., & Mutsvangwa, T. (2006). An evaluation of the accuracy and precision of a stand-alone submersible continuous ruminal pH measurement system. *Journal of Dairy Science*, 89(6), 2132–2140.
- Petsch, D., & Anspach, F. B. (2000). Endotoxin removal from protein solutions. *Journal of Biotechnology*, 76(2–3), 97–119. [https://doi.org/10.1016/S0168-1656\(99\)00185-6](https://doi.org/10.1016/S0168-1656(99)00185-6).
- Plaizier, J C, Keunen, J. E., Walton, J. P., Duffield, T. F., & McBride, B. W. (2001). Effect of subacute ruminal acidosis on in situ digestion of mixed hay in lactating dairy cows. *Canadian Journal of Animal Science*, 81(3), 421–423. <https://doi.org/10.4141/A00-106>
- Plaizier, J C, Khafipour, E., Li, S., Gozho, G. N., & Krause, D. O. (2012). Subacute ruminal acidosis (SARA), endotoxins and health consequences. *Animal Feed Science and Technology*, 172(1–2), 9–21. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2011.12.004>.
- Plaizier, J C, Krause, D. O., Gozho, G. N., & McBride, B. W. (2008). Subacute ruminal acidosis in dairy cows: the physiological causes, incidence and consequences. *The Veterinary Journal*, 176(1), 21–31. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2007.12.016>.
- Plaizier, J C, Li, S., Le Sciellour, M., Schurmann, B. L., Górka, P., & Penner, G. B. (2014). Effects of duration of moderate increases in grain feeding on endotoxins in the digestive tract and acute phase proteins in peripheral blood of yearling calves. *Journal of Dairy Science*, 97(11), 7076–7084. <https://doi.org/10.3168/jds.2014-8162>.
- Plaizier, J C, Mesgaran, M. D., Derakhshani, H., Golder, H., Khafipour, E., Kleen, J. L., Lean, I., Loor, J., Penner, G., & Zebeli, Q. (2018). Review: Enhancing gastrointestinal health in dairy cows. *Animal*, 12(s2), s399–s418. <https://doi.org/10.1017/S1751731118001921>;

- Plaizier, Jan C, Li, S., Danscher, A. M., Derakshani, H., Andersen, P. H., & Khafipour, E. (2017). Changes in microbiota in rumen digesta and feces due to a grain-based subacute ruminal acidosis (SARA) challenge. *Microbial Ecology*, 74(2), 485–495. <https://doi.org/10.1007/s00248-017-0940-z>.
- Plaizier, Jan C, Li, S., Tun, H. M., & Khafipour, E. (2017). Nutritional models of experimentally-induced subacute ruminal acidosis (SARA) differ in their impact on rumen and hindgut bacterial communities in dairy cows. *Frontiers in Microbiology*, 7, 2128. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.02128>.
- Pourazad, P., Khiaosa-Ard, R., Kumar, M., Wetzels, S. U., Klevenhusen, F., Metzler-Zebeli, B. U., & Zebeli, Q. (2016). Transient feeding of a concentrate-rich diet increases the severity of subacute ruminal acidosis in dairy cattle. *Journal of Animal Science*, 94(2), 726–738. <https://doi.org/10.2527/jas.2015-9605>.
- Remond, D., Cabrera-Estrada, J. I., Champion, M., Chauveau, B., Coudure, R., & Poncet, C. (2004). Effect of corn particle size on site and extent of starch digestion in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 87(5), 1389–1399. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(04\)73288-9](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)73288-9).
- Rossow, N. (1984). Erkrankungen der vormagen und des labmagens. In N. Rossow (Ed.), *Innere krankheiten der landwirtschaftlichen nutztier* (pp. 224–259). Fischer Verlag.
- Russell, J B, & Dombrowski, D. B. (1980). Effect of pH on the efficiency of growth by pure cultures of rumen bacteria in continuous culture. *Applied and Environmental Microbiology*, 39(3), 604–610.
- Russell, James B, & Rychlik, J. L. (2001). Factors that alter rumen microbial ecology. *Science*, 292(5519), 1119–1122. <https://doi.org/http://doi.org/10.1126/science.1058830>.
- Russell, James B, & Wilson, D. B. (1996). Why are ruminal cellulolytic bacteria unable to digest cellulose at low pH? *Journal of Dairy Science*, 79(8), 1503–1509.
- Scanlan, C. M., & Hathcock, T. L. (1983). Bovine rumenitis-liver abscess complex: a bacteriological review. *The Cornell Veterinarian*, 73(3), 288–297.
- Shi, W., Knoblock, C. E., Yoon, I., & Oba, M. (2019). Effects of supplementing a *Saccharomyces cerevisiae* fermentation product during the transition period on rumen fermentation of dairy cows fed fresh diets differing in starch content. *Journal of Dairy Science*, 102(11), 9943–9955. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-16671>.
- Shi, Y., & Weimer, P. J. (1992). Response surface analysis of the effects of pH and dilution rate on *Ruminococcus flavefaciens* FD-1 in cellulose-fed continuous culture. *Applied and Environmental Microbiology*, 58(8), 2583–2591. <https://doi.org/10.1128/aem.58.8.2583-2591.1992>.
- Szemeredy, G., & Raul, R. (1976). Alterations of the ruminal mucosa and its relation to the hepatic abscesses in bulls fed high energy and low fibre diets. *Acta Veterinaria Academiae Scientiarum Hungaricae*, 26(3), 313–324.
- Tajik, J., & Nazifi, S. (2011). Diagnosis of subacute ruminal acidosis: a review. *Asian Journal of Animal Sciences*, 5(2), 80–90.
- Tamate, H., Yoneya, S., Sakata, T., Oyo, S., & Kato, M. (1978). Calves fed on high-concetrates: An experimental survey. *Tohoku Journal of Agricultural Research*, 29(1), 29–37.
- Weimer, P. J. (2015). Redundancy, resilience, and host specificity of the ruminal microbiota: implications for engineering improved ruminal fermentations. *Frontiers in Microbiology*, 6, 296. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2015.00296>.
- Xu, C., Shen, T., Yang, W., Yu, H., Gao, S., & Huang, B. (2016). The effect of subacute ruminal acidosis of dairy cows on productivity, digestibility and greenhouse gas emission. *Journal of Agricultural Science*, 8(4), 92. <https://doi.org/10.5539/jas.v8n4p92>.

Histórico do artigo:**Recebido:** 30 de março de 2022.**Aprovado:** 23 de abril de 2022.**Disponível online:** 31 de maio 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.