

<https://doi.org/10.31533/pubvet.v18n10e1668>

Processo digestivo em ruminantes e tecnologias de monitoramento utilizadas em rebanhos leiteiros: Revisão

Milene Lopes dos Santos^{1*}, Cristiane Amanda de Oliveira², Gustavo Felipe da Silva Sousa², Maria Carolina Narval de Araújo², Viviane Rohrig Rabassa², Thaís Casarin Barbosa², Uriel Secco Londero², Francisco Augusto Burkert Del Pino², Marcio Nunes Corrêa³

¹Doutoranda em Biotecnologia da Universidade Federal de Pelotas, Centro de Desenvolvimento Tecnológico, Núcleo de Pesquisa, Ensino e Extensão em Pecuária. Pelotas, Rio Grande do Sul, Brasil.

²Universidade Federal de Pelotas, Núcleo de Pesquisa, Ensino e Extensão em Pecuária. Pelotas, Rio Grande do Sul, Brasil.

³Professor em Universidade Federal de Pelotas, Departamento de Clínicas Veterinárias, Núcleo de Pesquisa, Ensino e Extensão em Pecuária. Pelotas, Rio Grande do Sul, Brasil.

*Autor para correspondência, e-mail: milenelopesantos0312@gmail.com

Resumo. Bovinos são herbívoros ruminantes com grande capacidade produtiva devido a um sistema digestivo altamente eficiente e adaptado para degradar e aproveitar compostos complexos, como carboidratos estruturais de vegetais. A capacidade fermentativa presente em seu trato digestivo provém da colonização de microrganismos como bactérias, fungos e protozoários que transformam o alimento ingerido em substratos para a produção de energia. Por outro lado, a regulação do consumo provém de fatores ambientais e fisiológicos, envolvendo o sistema nervoso central e produção de hormônios. A decisão de consumo ou recusa do alimento se dará a partir da percepção sensorial e demanda metabólica. Erros de manejo e enfermidades são evidenciados quando há diminuição de produção e consumo de alimentos. Esses podem previamente ser corrigidos com a utilização de tecnologias de monitoramento animal para prever a queda produtiva. Como exemplo dessas tecnologias, as coleiras de monitoramento animal avaliam ruminação, atividade, ócio e falta de ar por 24 horas, estabelecendo curvas individuais e alertando quando o animal tem alterações e partir desse diagnóstico. Assim, é possível identificar alterações por fatores ambientais ou fisiológicos. Outras tecnologias como os comedouros inteligentes de consumo permitem a avaliação individual e ajudam a identificar a qualidade da dieta ofertada. Assim, a utilização de sistemas de monitoramento animal, aliada ao conhecimento da fisiologia proporciona um sistema de criação mais eficiente e com melhor bem-estar animal.

Palavras-Chave: Comportamento alimentar, fisiologia, ruminante, sistema digestivo

Digestive process in ruminants and monitoring technologies used in dairy herds: Review

Abstract. Cattle are ruminant herbivores with great productive capacity due to a highly efficient digestive system adapted to degrade and take advantage of complex compounds, such as plant structural carbohydrates. The fermentative capacity present in their digestive tract comes from the colonization of microorganisms such as bacteria, fungi and protozoa that transform ingested food into substrates for energy production, while the regulation of consumption comes from environmental and physiological factors, involving the central nervous system and hormone production. The decision to consume or refuse food will be based on sensory perception and metabolic demand. Management errors and diseases are evidenced when there is a decrease in food production and consumption. These can be preemptively corrected with the use of animal monitoring technologies to predict drops in

production. As an example of these technologies, animal monitoring collars evaluate rumination, activity, idleness and panting for 24 hours, establishing individual curves and notifying when the animal demonstrates alterations and, based on this diagnosis, it is possible to identify alterations due to environmental or physiological factors. Other technologies such as intelligent consumer feeders allow individual assessment and help identify the quality of the diet offered. Thus, the use of animal monitoring systems, combined with knowledge of their physiology, provides a more efficient breeding system with better animal welfare.

Keywords: Digestive system, feeding behavior, physiology, ruminant.

Introdução

A fisiologia digestiva de ruminantes é avaliada em diversos estudos relacionados à nutrição, assim como a sua interação com a genética e o manejo. O equilíbrio desses é imprescindível para haver um sistema eficiente e que garanta saúde e bem-estar adequados ([Cunningham, 2011](#); [Teixeira, 1996](#)).

Ruminantes são animais que apresentam o estômago dividido em quatro compartimentos, cada um com funções e características distintas, mas que conjuntamente permitem a digestão de carboidratos estruturais presentes em plantas ([Teixeira, 1996](#)). O rúmen funciona como uma câmara fermentativa colonizada por microrganismos que fazem a degradação dos alimentos transformando-os em nutrientes essenciais para o desenvolvimento e a produção do animal ([Berchielli et al., 2011](#)). Entretanto, o consumo é regulado por fatores intrínsecos e extrínsecos, tais como status metabólico, bem-estar, características físicas do alimento e interações com o meio, que influenciam ações mediadas pelo sistema nervoso central e hormônios como insulina, leptina, grelina e glucagon. Todos esses determinam o nível de consumo do animal ([Allen & Piantoni, 2013](#); [Oliveira et al., 2019](#)).

Os bovinos foram domesticados há cerca de cinco mil anos, com intuito de serem animais de carga ou de produção de alimentos. Essa domesticação criou um grupo genético de animais adaptados a rotinas. Com isso, sua resposta primária a qualquer desconforto é diminuição ou interrupção do consumo de alimentos e, conseqüentemente, da produção de leite ou carne ([Fernandes et al., 2017](#)). Considerando que os bovinos possuem padrões comportamentais diários, dispendendo seu tempo em ruminação, atividade e repouso, qualquer alteração nesses padrões previamente conhecidos pode indicar que o animal está em uma situação estressora ou indicativa de enfermidade ([Ambrósio et al., 2022](#); [Ferracini et al., 2022a, 2022b](#); [Peters et al., 2010](#); [Silva et al., 2019](#)). Sendo assim, a utilização de sistemas de monitoramento animal vem ganhando destaque, uma vez que proporcionam uma melhor compreensão não só do comportamento do rebanho, como também do sistema de produção, facilitando a tomada de decisão ([Braga et al., 2018](#); [Souza et al., 2015a, 2015b](#)) e indicando erros de manejo e/ou doenças ([Beauchemin et al., 2022](#)).

O objetivo desta revisão é discutir aspectos relacionados ao entendimento da fisioanatomia digestiva de ruminantes que influenciam no comportamento alimentar de bovinos leiteiros, assim como elucidar sobre tecnologias de monitoramento automatizado utilizados nos rebanhos leiteiros.

Fisiologia digestiva de bovinos

Bovinos são poligástricos, ou seja, possuem o estômago dividido em quatro compartimentos: rúmen, retículo, omaso e abomaso. Esses apresentam funcionalidades e características distintas que permitem ao animal aproveitar frações fibrosas, principalmente celulose, o que não é tão efetivo na maioria dos animais monogástricos. Para compreender como funcionam tais compartimentos e sua importância no sistema digestivo de ruminantes é necessário entender o processo digestivo ([Beauchemin et al., 2022](#)).

Processo digestivo

Estruturas e órgãos envolvidos

O processo digestivo compreende a apreensão, mastigação, digestão dos alimentos e absorção dos nutrientes ([Prado & Moreira, 2010](#); [Teixeira, 1996](#)). Sendo assim, todos os órgãos envolvidos nesses processos fazem parte do trato gastrointestinal ([Teixeira, 1996](#)). Na figura 1 está esquematizado o trajeto

do alimento pelo trato digestivo de um ruminante, incluindo a apreensão do alimento, fermentação ruminal, regurgitação e sequência pelo trato digestivo indicado por setas. A seguir será detalhado todo o processo.

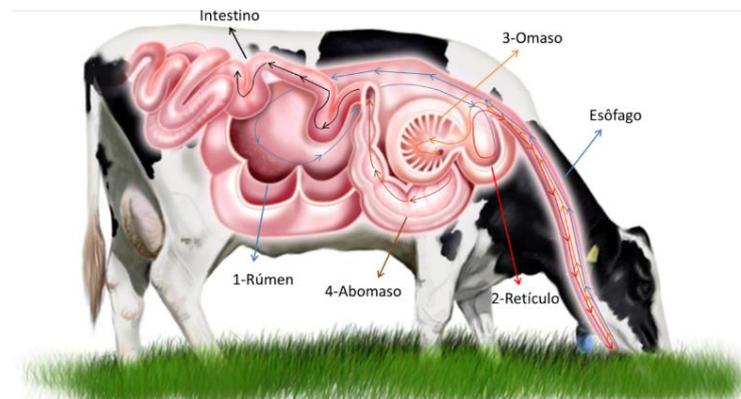


Figura 1. Esquematização do trajeto do alimento pelo trato digestivo dos ruminantes.
Fonte: [Ashdown & Done \(2011\)](#).

Cavidade oral

A cavidade oral é o primeiro órgão do sistema digestório, responsável pela apreensão e mastigação. Revestida por tecido com grande quantidade de glândulas, produz a saliva, que além de tamponante, hidrata o alimento facilitando sua deglutição e passagem pela faringe e esôfago. A produção de saliva é estimulada pela visão, olfato e paladar, o que sugere que a qualidade e percepção do alimento pelo animal influenciarão o consumo ([Costa et al., 2022](#)).

Para a apreensão, os ruminantes podem utilizar os lábios, os dentes e/ou a língua. Os dentes são estruturas resistentes formadas de esmalte, dentina e polpa, compostas por minerais, água e matéria orgânica. São os órgãos responsáveis por cortar, triturar e amassar os alimentos, que juntamente com a saliva, facilitam sua deglutição e digestão ([Acevedo et al., 2021](#); [Fernández et al., 2011](#)).

Os lábios são pregas musculomembranasas que rodeiam a cavidade oral, externamente tegumentosas e internamente mucosas, conferidos do músculo orbicular da boca que lhe permite movimento, vasos, nervos, tecido fibro adiposo e glândulas salivares. Em bovinos, o lábio superior se funde ao nariz, formando o plano naso-labial e com isso, a mobilidade do lábio é menor. Além disso, bovinos não apresentam dentes incisivos superiores, apenas uma estrutura rígida chamada de pulvino dental. Sendo assim, sua forma de apreensão de alimento predomina na língua ([Barbosa et al., 2013](#); [Ítavo et al., 2008](#)).

A língua é uma estrutura muscular com fibras distribuídas longitudinalmente, perpendicularmente e transversalmente e assim apresenta grande mobilidade. Na língua há papilas anatomicamente distintas, apresentando-se na forma de filiformes, fungiformes, circunvaladas e cônicas. Ainda, nas papilas fungiformes e circunvaladas há botões gustativos que permite identificar os sabores dos alimentos. A importância desse órgão se dá, além da apreensão nos bovinos, na mistura do bolo alimentar com a saliva, facilitando sua umidificação. Após o alimento ser cortado, triturado, amassado e umidificado na boca é direcionado para a faringe ([Silva, 2017](#)).

Faringe, esôfago e compartimentos digestivos

A faringe é composta de músculos circulares e esqueléticos que direcionam os alimentos e líquidos para o esôfago e também fazem a passagem de ar para a laringe. O esôfago, apesar de apresentar uma estrutura muscular estriada tubular, consegue se dilatar e assim permitir a passagem do bolo alimentar graças à distribuição de fibras longitudinais e circulares. Em ruminantes, esse órgão é responsável por fechar a cárdia no orifício retículo-rúmen e permitir a saída de gases na eructação pela abertura e fechamento de esfíncteres presentes em suas extremidades. Portanto, é ele que auxilia na passagem dos alimentos entre as duas primeiras cavidades do estômago multicavitário dos ruminantes ([Moyses & Schulte, 2010](#)).

A primeira cavidade estomacal que o alimento se direciona após o esôfago é o rúmen, sendo considerada uma câmara fermentativa anaeróbica. Entre os pré-estômagos e abomaso, o rúmen é o compartimento que apresenta o maior tamanho na idade adulta, revestido por uma mucosa fina e papilas cônicas visíveis a olho nu. Essas papilas apresentam grande capacidade de absorção de acordo com seu tamanho, isto é, quanto mais comprida, maior superfície absorptiva ([Cunningham, 2011](#); [Oliveira et al., 2019](#)). Todavia, o tamanho, número e distribuição serão de acordo com o tipo de alimento. O rúmen é colonizado por microrganismos que promovem a fermentação, sendo eles principalmente bactérias, seguidos de fungos e protozoários. A colonização desses microrganismos inicia-se já no primeiro dia de vida dos ruminantes, com a ingestão do colostro e contato com microrganismos da glândula mamária da mãe. Com o avançar da idade, a população microbiana cresce e também a capacidade física do rúmen, até este se tornar efetivamente e predominantemente ativo. Antes disso, até cerca de três meses de idade, o bezerro é considerado monogástrico ou pré-ruminante, uma vez que as porções fermentativas do trato digestivo não estão totalmente desenvolvidas e colonizadas ([Berchielli et al., 2011](#); [Cunningham, 2011](#)).

Dinâmica da microbiota ruminal

Ao chegar ao rúmen, o bolo alimentar começa a ser degradado pelos microrganismos presentes. As bactérias, juntamente com os fungos, são as principais responsáveis por essa degradação, cerca de 80%, com os protozoários representando os outros 20%. No processo de degradação na fermentação, serão produzidos os ácidos graxos de cadeia curta (AGVs) como acetato, propionato e butirato, que são absorvidos por difusão passiva pelas papilas ruminais e levados via sanguínea até o fígado ([Storm et al., 2012](#)). No fígado, esses AGVs entram nas rotas metabólicas para produção de energia para o animal. As concentrações de cada um dos AGVs e de espécies bacterianas presentes serão de acordo com o alimento ingerido ([Arcuri et al., 2011](#); [Hobson & Stewart, 2012](#)).

Quando o alimento for mais fibroso haverá a proliferação de bactérias celulolíticas que degradam principalmente celulose e hemicelulose, frações da parede celular vegetal. Ainda, será produzido em maior escala o acetato. Já quando o alimento é mais concentrado, bactérias amilolíticas, lipolíticas, proteolíticas, ureolíticas, lácticas e metanogênicas estarão em maior abundância, uma vez que são fermentadoras de carboidratos não-estruturais. Nesse caso, predominará a produção de propionato e butirato, além de succinato, metano e lactato em menores quantidades ([Berchielli et al., 2011](#); [Noschang & Brauner, 2019](#); [Zanine & Macedo Júnior, 2006](#)).

Os fungos são capazes de degradar frações mais resistentes da parede celular uma vez que penetram e rompem fisicamente a cutícula da superfície da planta e produzem enzimas que auxiliam na degradação da fibra. Todavia, apresentam uma taxa de crescimento mais lenta que as bactérias e com isso estão em menor quantidade ([Kozloski, 2011](#)). Os protozoários também participam da fermentação, mas seu principal papel é controlar o crescimento da população bacteriana, uma vez que se utilizam delas como sua fonte de nitrogênio e assim auxiliam na manutenção do ambiente ruminal ([Kozloski, 2011](#)).

O ambiente ruminal é anaeróbico, isotérmico, com uma temperatura entre 38 a 42° C e com pH entre 6,0 e 7,0. Essas condições permitem o pleno funcionamento da microbiota ruminal; porém, os microrganismos presentes são muito sensíveis às oscilações desses parâmetros. Alterações do ambiente ruminal ocorrem principalmente em mudanças de dietas e se feitas bruscamente, podem comprometer a sobrevivência desses microrganismos e assim a fermentação dos alimentos, o que pode vir a acarretar enfermidades e diminuição de índices produtivos dos animais ([Kozloski, 2011](#)).

Os pré-estômagos retículo e omaso

O segundo compartimento dos ruminantes é o retículo. É o menor dos quatro, possui uma membrana mucosa com pregas primárias em forma de favo de mel. Esse trabalha de forma conjunta com o rúmen, sendo separado apenas por uma prega rúmen/retículo. Sua função é selecionar as partículas que saem do rúmen, só deixando passar para o omaso aquelas que apresentam cerca de 2 mm e <1,2 g/dL de densidade. Se maiores que isso, as partículas são redirecionadas para a boca novamente para que seja realizada nova mastigação, em um processo de regurgitação, e em seguida vão para o rúmen para nova fermentação. Ou seja, o retículo funciona como um filtro para identificar o que já foi ou não degradado e

assim, aumentar as chances de absorção de nutrientes dos alimentos ([Benchaar et al., 2007](#); [Calsamiglia et al., 2007](#); [Cobellis et al., 2016](#); [Patra, 2011](#); [Spanghero et al., 2008](#)).

No omaso, há lâminas musculares que formam camadas de folhas. Essas estruturas apresentam alta capacidade de absorção e fazem a reciclagem de água e minerais que devem voltar ao rúmen pela saliva ([Oliveira et al., 2019](#)). O omaso é o terceiro e último compartimento que participa do processo fermentativo ([Daniel et al., 2006](#); [Lima et al., 2020](#)).

Caracterização do abomaso e intestinos

O abomaso é considerado o estômago glandular e se assemelha em praticamente todos os aspectos ao estômago dos monogástricos ([Braun et al., 2013](#); [Owens et al., 2008](#); [Santos et al., 2012](#)). Nele, há células epiteliais que secretam muco e fluído alcalino para proteção da mucosa do abomaso. Isso é necessário, uma vez que células principais vão liberar no lúmen o pepsinogênio e células parietais liberam o ácido clorídrico. O ácido clorídrico diminui o pH para 1,5-2,0 e isso ocasiona a ativação do pepsinogênio em pepsina, enzima responsável por digerir proteína, formando o suco gástrico. Como células são estruturas proteicas, sem a proteção muco-alcalina, a pepsina digeriria também o abomaso ([Berchielli et al., 2011](#)).

Após a passagem pelo abomaso, as frações não digeridas pela pepsina passam para o intestino delgado, composto pelas frações duodeno, jejuno e íleo. No duodeno, o pâncreas libera enzimas digestivas como lipase, amilase e tripsina para absorção de amido e aminoácidos e a vesícula biliar libera bile para auxiliar na digestão e absorção de gordura. No duodeno e jejuno é onde ocorre grande parte da absorção de carboidratos, proteínas e gorduras, enquanto no íleo, há absorção de vitamina B12, sais biliares e o que não foi absorvido no duodeno e jejuno ([Massironi et al., 2020](#); [Tappenden, 2014](#)).

No intestino grosso é onde ocorre a formação da massa fecal e o final do trato gastrointestinal. Tudo que não foi digerido e absorvido pelo intestino delgado passa pelas frações do intestino grosso ceco e cólon, onde serão absorvidos água e sódio, formando o bolo fecal que será eliminado pelo ânus ([Cunningham, 2011](#)).

Regulação do consumo

O consumo animal pode ser afetado por fatores antrópicos e fisiológicos. Ruminantes aprendem a identificar pelas características sensoriais quais ingredientes da dieta precisam ingerir de acordo com sua necessidade ou preferência. Isto ocasiona uma maior seleção de frações específicas da dieta. Por exemplo, vacas leiteiras têm preferência pelo concentrado, que é uma fonte mais rápida de energia e exige menor fermentação que frações fibrosas. Assim, passam a selecionar esse ingrediente na dieta. Todavia, em casos como de deslocamento de abomaso, por exemplo, a vaca procura fontes fibrosas para consumir. Isto porque este transtorno ocorre pelo consumo diminuído de fibras que gera menor fermentação, maior acúmulo de gases pela alteração da motilidade do órgão e com isso o abomaso sai de sua posição anatômica ([Oliveira et al., 2019](#)). Sendo assim, para compreender como são identificados os ingredientes pelos ruminantes e como isso influencia no controle da ingestão, é preciso pontuar os mecanismos envolvidos nesses processos e os *feedbacks* gerados ao/pelo cérebro pelos receptores localizados em tecidos e órgãos do sistema digestivo.

Mecanismos que influenciam o consumo

Características físicas

O primeiro mecanismo se refere às características físicas do alimento que estão relacionadas à distensão do retículo-rúmen. Dietas ricas em fibra promovem maior preenchimento do espaço físico desses órgãos e assim, restringem o consumo. Isso ocorre em função da fibra, que além de possuir maior volume, necessita de um maior tempo de fermentação para ser digerida em partículas menores, passar finalmente ao omaso e ao restante do trato digestivo ([Oliveira et al., 2019](#)).

A qualidade da fibra é um fator determinante a esse tempo de ruminação, onde dietas com fibras de baixa digestibilidade, ou seja, com maiores quantidades de celulose e lignina, exigem maior tempo de fermentação e com isso permanecem mais tempo ocupando o espaço físico do retículo e do rúmen

([Oliveira et al., 2019](#)). Todavia, considerando essa menor digestibilidade das dietas fibrosas, a utilização de energia das forragens é feita de forma mais lenta. Animais de alta produção possuem altas demandas energéticas que devem ser atendidas de forma mais rápida. Portanto, a utilização de dietas mais concentradas que possuem uma degradação e taxa de passagem maiores são necessárias para atender essas demandas ([Bezerra et al., 2021](#); [Peters et al., 2010](#)).

Entretanto, para manutenção do ambiente ruminal em condições fisiológicas a fibra é imprescindível, uma vez que a maior ruminação necessária promove um maior direcionamento da saliva ao rúmen que age como tamponantes do pH ruminal, evitando transtornos digestivos e danos à microbiota ruminal ([Bezerra et al., 2021](#)). De acordo com [Mertens \(1997\)](#), a quantidade de fibra na dieta não deve ultrapassar 1,2% do peso vivo para que não se torne um limitador de consumo. Já [Zebeli et al. \(2012\)](#) propôs que são necessários de 12 a 18% de fibra na matéria seca da dieta com mais de oito mm de tamanho para que não haja comprometimento na ruminação e diminuição do consumo.

Características psicogênicas

Outro mecanismo influente na regulação alimentar é o psicogênico que prediz a resposta do animal a fatores como características sensoriais do alimento, *status* emocional, relações sociais e aprendizado, isto é, modula como o ambiente e condições nutricionais ofertados influenciam estimulando ou inibindo o consumo ([Bezerra et al., 2021](#)).

Utilizando-se de seus sentidos, o animal visualizará o alimento e sentirá seu cheiro para identificar sua palatabilidade. Após a apreensão, será avaliado o gosto e a textura. A partir disso, o animal decidirá se o alimento lhe agrada e se continuará consumindo-o ([Oliveira et al., 2019](#)). Essa sensibilidade à palatabilidade em bovinos leiteiros é bem visível em ofertas de dieta aniônica, por exemplo, que é uma estratégia nutricional para prevenção de hipocalcemia. Isto porque a dieta aniônica apresenta em sua composição sais de cloreto e sulfato que possuem baixa palatabilidade e com isso, há recusa ou diminuição de consumo quando ofertadas ([Kocabagli, 2018](#)).

Fatores ambientais

Em relação a fatores ambientais e sua influência no consumo a partir de mecanismos psicogênicos, pode ser citado o exemplo de animais em condições de estresse térmico. Quando os mecanismos homeostáticos da temperatura corporal são sobrepostos ou falham, há acréscimos acima da temperatura fisiológica (38,5 a 39,1 °C), submetendo-o a um quadro de estresse térmico. Como resposta imediata, o animal diminuirá ou interromperá seu consumo de matéria seca, visando a diminuição da produção de calor metabólico, principalmente de volumosos ricos em fibra, uma vez que a fermentação promove aumento da taxa calórica ([Allen & Piantoni, 2013](#); [Bishop, 1992](#); [Rogerson et al., 1968](#)).

Mecanismos endógenos

Mecanismos químicos e metabólicos estão diretamente relacionados ao fígado e sua comunicação com o sistema nervoso central (SNC). Como o fígado é o principal órgão metabolizante de todos os nutrientes absorvidos pelo sistema digestivo para produção de energia, é o que sinaliza via nervos e quimiorreceptores para o SNC o que está sendo absorvido. A partir disso, haverá inibição ou estimulação da fome de acordo com as necessidades metabólicas do animal ([Forbes & Provenza, 2000](#)). Além do fígado, aumento nas concentrações sanguíneas de metabólitos como os AGVs absorvidos no rúmen e glicose, também sinalizam por receptores químicos e ativam o centro da saciedade no SNC ([Langhans et al., 1995](#)).

Mecanismo hormonal

A liberação de hormônios é outro mecanismo de controle de consumo. Hormônios sinalizam o *status* energético do organismo para o SNC e participam ativamente da regulação do consumo, como a insulina, seu antagonista glucagon, leptina, grelina e também hormônios reprodutivos ([Cunningham, 2011](#)).

A insulina é o hormônio responsável por inserir a glicose presente no sangue nas células para ser metabolizada e transformada em energia. Sua estimulação se dá quando há altas concentrações

sanguíneas de glicose provenientes da digestão e absorção pelo sistema digestivo com baixo *déficit* energético nas células. Assim, influencia no consumo através da hipoglicemia, enviando ao SNC sinalização de aumento de consumo. Quando os níveis energéticos adequados são atingidos, a insulina interrompe a inserção de glicose nas células, emitindo um sinal ao SNC que já há quantidade de energia suficiente. Como *feedback* negativo será liberado o glucagon que cessará a liberação de insulina e fará com que o estímulo de ingestão seja diminuído ([Briceño-Poot et al., 2012](#); [Chavez et al., 2011](#); [Pereira et al., 2021](#)).

A leptina é considerada o hormônio da saciedade, ligado intimamente a ingestão de alimentos. Esta é produzida pelos adipócitos e promove o gasto energético, regulando o metabolismo da glicose e dos lipídeos ([Echeverry et al., 2012](#); [Park & Ahima, 2015](#); [Salman & Costa, 2006](#)). Ou seja, sinaliza para o SNC cessar o consumo pelos níveis de glicose sanguínea para que assim haja um controle do acúmulo de gordura nos adipócitos. Já a grelina é o hormônio relacionado à fome. Produzido no trato gastrointestinal, regula o balanço energético a curto prazo, estimulado por jejum prolongado e hipoglicemia ([Chen et al., 2020](#)).

Em relação aos hormônios reprodutivos, segundo ([Ferreira et al., 2013](#)), estrógenos como a progesterona, em níveis elevados podem ter efeito inibidor no consumo, uma vez que promovem a lipólise e com isso, aumentam os níveis de energia circulantes. Isso explica vacas em terço final da gestação terem uma ingestão de alimento reduzida, pois a progesterona está em altas concentrações para manter a gestação ([Grummer, 1995](#)).

Comportamento alimentar

Entender como ocorre o consumo do ruminante é imprescindível para uma correta formulação de dieta que supra suas exigências nutricionais sem prejudicar sua saúde e produção ([NRC, 2016](#)).

Bovinos são herbívoros com hábitos diurnos ([Beauchemin et al., 2022](#)). Em dietas ofertadas misturadas, ou seja, com todos os ingredientes em uma mistura mais homogênea, a seleção é diminuída e o animal consome o necessário em matéria seca em torno de 6 horas por dia. Essa oferta deve ser fracionada para que haja estímulo sensorial ao consumo, para preservar a qualidade da dieta e para evitar transtornos digestivos. De acordo com [Felton & deVries \(2010\)](#), grandes quantidades de ração ofertadas ao mesmo tempo podem causar acidose ruminal, uma vez que há sempre um declínio do pH ruminal após as refeições e, em casos de aumento no volume de oferta, esse declínio se torna mais severo, podendo gerar o transtorno.

O papel da ruminação

Em ruminantes a mastigação inicial na boca é realizada com o intuito de apenas diminuir o tamanho da partícula para a deglutição. Na ruminação, o alimento é fermentado, regurgitado e remastigado até atingir o tamanho de partícula ideal para seguir pelo trato digestório. Segundo ([Beauchemin et al., 2022](#)), o animal pode ruminar por até sete horas, divididos em ciclos de 10 a 60 minutos e iniciados cerca de 30 a 90 minutos após a refeição. O tempo necessário dependerá do granulometria da dieta, uma vez que alimentos concentrados possuem um tamanho de partícula menor e conseqüentemente necessitam de menor tempo de fermentação, cerca de 30 minutos/kg, enquanto alimentos volumosos, com alto teor de fibra de difícil degradação, podem ser necessários cerca de 130 minutos/kg de tempo de ruminação ([Beauchemin et al., 2022](#)).

A mastigação na ruminação é mais lenta que na alimentação. A digesta sai do retículo, atravessa o esôfago e vai até a boca onde é mastigado por 30 a 70 segundos e depois é engolido novamente. Um novo bolo alimentar é regurgitado entre dois e quatro segundos após, seguindo todo o processo ([Watt et al., 2015](#)).

Estímulo à ruminação

O que estimula a ruminação são os receptores de tensão na superfície do retículo e do rúmen. Esses por sua vez são estimulados quando há distensão do rúmen pelo conteúdo ruminal, desde que essa distensão seja de grau leve a moderada. Em casos de distensão elevada do rúmen, causada, por exemplo, por acúmulo de gases em dietas concentradas, leva a inibição das contrações ruminais e

consequentemente da ruminação, podendo levar a uma estase total em casos mais graves ([Berchielli et al., 2011](#)).

No processo fermentativo da ruminação, colonizadores primários começam a hidrolisar compostos estruturais do alimento, podendo ser fibra no caso das forrageiras ou o pericarpo de grãos como milho. Esse processo ocasiona algumas fissuras onde colonizadores secundários se aderem e adentram a superfície, como os fungos e protozoários, auxiliando na quebra e na digestão. A colonização desses microrganismos forma um biofilme incorporando mais bactérias ao bolo alimentar, onde esse processo vai se repetindo a cada nova ruminação, até a digestão máxima fermentativa dos compostos ([Schingoethe, 2017](#)).

Características comportamentais de bovinos e formas de monitoramento

Comportamento animal se refere a movimentos realizados de forma padronizada conforme características de cada espécie ([Gonçalves et al., 2010](#)). De acordo com [Martins & Pieruzzi \(2011\)](#), conhecer esses padrões é essencial para providenciar um ambiente e manejos adequados para a espécie que se trabalha.

Influência do manejo e ambiente ofertado no comportamento de bovinos

Todo sistema que permite que o animal expresse ao máximo seu comportamento natural obtêm ganhos em produtividade ([Gonçalves et al., 2010](#)). Quando se iniciou a domesticação dos animais pelos seres humanos, algumas características comportamentais foram desestimuladas a fim de adaptar o animal a um novo manejo e deixá-lo mais dócil. Todavia, os padrões comportamentais da espécie são definidos geneticamente e por isso permanecem instintivamente. O que se tem são aprendizados que ao longo de milhares de anos, se entendeu que garantem maiores chances de sobrevivência à espécie, podem alterar comportamentos geneticamente ([Martins & Pieruzzi, 2011](#)).

Sendo assim, o ambiente ofertado pode influenciar no aprendizado de comportamentos que se tornam padrões adaptados ([Martins & Pieruzzi, 2011](#)). Nesse contexto, [Fernandes et al. \(2017\)](#) relembram que, na domesticação, bovinos eram usados principalmente para tração, tanto na realização de tarefas relacionadas à agricultura quanto para o transporte. Assim, como pré-requisitos, foram selecionados animais resistentes, mansos e que apresentassem pouca reação a estímulos estressantes. Com isso, criou-se um grupamento genético de bovinos que demonstram muito sutilmente seu mal-estar ([Fernandes et al., 2017](#)).

A importância do manejo

Em bovinos leiteiros, o comportamento de alimentação, ruminação e repouso foi adaptado e acondicionado a uma rotina diária muito específica. Assim, qualquer alteração nessa rotina pode submeter o animal a modificações comportamentais que podem refletir na sua saúde, bem-estar, reprodução e produção ([Krawczel & Grant, 2009](#)). Sendo assim, em um sistema em que se busca maior bem-estar e qualidade de vida, é importante observar como os animais estão respondendo às condições ambientais oferecidas e a partir disso, adaptar melhorias de manejo e instalações para aperfeiçoar a produtividade ([Azevêdo & Alves, 2009](#); [Lima, 2015](#)).

Segundo [Moraes et al. \(2020\)](#), a dieta ofertada, as condições climáticas e as instalações são os principais fatores que afetam bovinos leiteiros. Erros de manejo na oferta de alimento leva a uma menor motivação de consumo, mesmo a dieta em si estando dentro dos padrões de qualidade e nutrição adequados, o que pode ocasionar estresses e comportamentos anormais ([Terlouw et al., 1991](#)).

O estresse térmico e instalações adequadas

O estresse térmico, comumente observado no verão na criação de bovinos leiteiros no Brasil, devido ao clima tropical, é uma questão bastante relevante quando se estuda comportamento animal. As três raças leiteiras mais utilizadas no país são a Holandês, seguida da Jersey e da Gir, com seus cruzamentos. As duas primeiras são de origem europeia, onde o clima é temperado continental. Com isso, as adaptações fisiológicas para termorregulação dessas são para climas frios ou amenos, com faixa de

conforto térmico entre 5 a 25 °C, temperaturas essas facilmente ultrapassadas principalmente no verão no Brasil ([Daltro et al., 2020](#)).

Ainda, vacas da raça Holandês são altamente produtivas, com volumes de leite diários que podem ultrapassar 40 L/dia, o que acarreta em maior necessidade de consumo de alimentos e conseqüentemente maior produção de calor devido a taxa metabólica ser mais acelerada. Portanto, sendo animais com dificuldade para dissipar calor e com alta geração de calor metabólico para atender a produção de leite, são altamente suscetíveis ao estresse térmico. Uma vez em estresse térmico, o consumo será afetado o que refletirá no seu desempenho produtivo, além de alterações de comportamento, onde preferirão ficar mais deitados para evitar produção de calor ([Dal Más et al., 2020](#)).

Tendo isso em vista, as instalações adequadas podem otimizar um condicionamento ambiental mais agradável que permita melhor conforto térmico aos animais. Utilização de aspersores e ventiladores auxiliam na perda calórica e garantem um melhor bem-estar animal ([Azevêdo & Alves, 2009](#); [Lima, 2015](#)).

Sistemas confinados de produção de leite permitem a utilização de uma menor área com um melhor controle ambiental. Além disso, quando bem manejados, oferecem melhores condições de bem-estar e saúde do que seriam oferecidos quando na natureza. O galpão *Compost barn* é um exemplo de instalação onde é preconizado o conforto, saúde e condições para expressão do comportamento natural dos bovinos. É utilizada uma cama de compostagem em toda sua extensão, onde os animais podem deitar confortavelmente e com diminuição de atrito entre casco e solo, o que diminui as chances de desenvolverem problemas podais. Além disso, se tem a presença de ventiladores ligados 24 horas por dia para manter a cama seca, permitindo também um melhor conforto térmico ([Lobeck et al., 2011](#); [Mattachini et al., 2011](#)).

De acordo com [Fregonesi & Leaver \(2002\)](#), o tempo que os animais despendem deitados prediz o conforto em que se encontram, e quanto mais descansados ficam, maior o retorno em produção ([Haley et al., 2000](#)). A seleção genética de vacas leiteiras criou animais com grandes volumes corporais para compensar a alta produção. Assim, não é interessante que percorram grandes distâncias ou permaneçam muito tempo em pé para evitar problemas locomotores ([EFSA, 2018](#)).

A rotina de bovinos leiteiros

A rotina diária do bovino se resume a três hábitos: ruminação, atividade e ócio, sendo despendidos cerca de oito horas para cada um deles. Todavia, esses parâmetros são altamente influenciados pelo manejo, tipo de instalação/ambiente, saúde e alimentação ([Marques et al., 2005](#); [Silva et al., 2006, 2008](#)).

O consumo é predito pela ruminação, uma vez que o tempo que o animal ruma caracteriza um esvaziamento do trato digestivo e assim, estimula ou não um novo consumo. Como já dito anteriormente, a ruminação é um parâmetro influenciado por alguns fatores, entre eles quantidade e qualidade da fibra da dieta, da quantidade de alimento ofertado, condições ambientais como temperatura ambiente, quadros de dor/doença ou desconforto. A ruminação é feita pelos bovinos preferencialmente deitados, o que é refletido pela qualidade da cama, já que se não estiver confortável, não vão querer permanecer deitados e conseqüentemente, ruminarão menos ([Haley et al., 2000](#)).

Sendo assim, o monitoramento do tempo de ruminação pode prever doenças, já que é um parâmetro sensível a alterações fisiológicas. [Prado et al. \(2022\)](#), [Ramos et al. \(2022\)](#) afirmam que vacas que desenvolverão doenças inflamatórias, infecciosas ou transtornos metabólicos no pós-parto recente, como mastite, metrite e cetose, por exemplo, apresentarão uma curva de ruminação diminuída.

Em relação à alimentação, bovinos leiteiros confinados despendem cerca de quatro a seis horas por dia para essa atividade, dividida em média em 7,3 refeições/dia ([DeVries & Gill, 2012](#); [Felton & DeVries, 2010](#); [Greter et al., 2012](#); [Miller-Cushon & DeVries, 2009](#)). Todavia, assim como a ruminação, o consumo depende de fatores individuais como produção de leite, ordem de parto e estágio de lactação da vaca, ou fatores ambientais como estação do ano, manejo alimentar adotado e dieta ([Azizi et al., 2010](#)).

[Cook & Nordlund \(2009\)](#) enfatizam que vacas leiteiras confinadas prezam por ficarem deitadas de 12 a 14 horas por dia, divididas em ruminação e ócio. Além disso, na atividade dividem seu tempo entre alimentação (cerca de cinco horas) e uma a três horas bebendo água, caminhando e realizando interações

sociais, com até uma hora ruminando em pé. Assim, restam três horas em que toleram manejos como ordenha e estarem retidas.

[Miller & Wood-Gush \(1991\)](#) ressaltam que, por serem animais gregários, geralmente bovinos realizam sincronismo desses comportamentos, por isso é comum ver um rebanho praticamente inteiro deitado, comendo ou simplesmente socializando.

A comunicação dos bovinos leiteiros

As formas de demonstrar insatisfação com o sistema de manejo, mesmo que sutilmente, pode se dar de diversas formas, como, por exemplo, isolamento do grupo e apatia, diminuição do consumo, da ruminação e da produção de leite, aumento do tempo de ócio ou permanência em pé quando a cama está desconfortável ([Haley et al., 2000](#)). Portanto, a utilização de sistemas de monitoramento se torna uma ferramenta de prevenção de possíveis problemas futuros, permitindo agir precocemente para evitar ou tratar enfermidades ([Delamura et al., 2020](#); [Lopes et al., 2013](#); [Schvarz & Santos, 2012](#)).

Sensores de monitoramento podem ser ambientais ou animal. Os ambientais são aqueles alojados nas instalações de criação e manejo, como ordenha, cochos, cama ou os que predizem as condições climáticas. Já os sensores animais podem ser internos como aqueles inseridos no rúmen, na vagina ou subcutâneos, ou externos, como coleiras, pedômetros, brincos etc ([Cecim, 2018](#)). O primeiro sistema de monitoramento individual utilizado nas fazendas leiteiras foi o sistema de ordenha com *boton* acoplado na orelha dos animais. Em seguida, foram surgindo as balanças, os pedômetros, detectores de monta, além de sensores para pH ruminal, movimentação mandibular para predizer consumo, ruminação, falta de ar e outros ([Bewley et al., 2017](#); [Dolecheck et al., 2015](#)).

Coleiras de comportamento são um bom exemplo dessas tecnologias, uma vez que avaliam 24 horas por dia os períodos de atividade, ruminação e ócio, estabelecendo curvas padrões individuais. Assim, qualquer alteração na curva que possa indicar problemas de saúde ou manejo acionará um alerta para o produtor averiguar o animal. Com a praticidade da tecnologia presente no século XXI, esses alertas são emitidos até mesmo via aplicativo de dispositivos móveis, o que facilita e permite um monitoramento constante de todo o rebanho, mesmo à distância ([Bewley et al., 2017](#); [Bonnet et al., 2015](#); [Enemark, 2008](#); [NAHMS, 2007](#); [Tixier-Boichard et al., 2008](#)).

[Borchers et al. \(2016\)](#) buscaram validar seis tecnologias de monitoramento de precisão com acelerômetros utilizados em sistemas leiteiros. Essas foram: o pedômetro AfiAct Plus (Afimilk[®], Kibbutz Afikim, Israel) que monitora o tempo do animal deitado, o CowManager SensOor (Agis[®], Harmelen, Holanda), que monitora ruminação e tempo de alimentação, o HOBO Data Logger (HOBO[®] Pendant G Acceleration Data Logger, Onset Computer Corp., Pocasset, MA) utilizado para avaliar tempo de descanso, o CowAlert IceQube (IceRobotics Ltd.[®], Edimburgo, Escócia) que avalia tempo em ócio, o Smartbow (Smartbow GmbH[®], Jutogasse, Áustria) que monitora ruminação, e o Track A Cow (ENGS[®], Rosh Pina, Israel) que indica o tempo deitado e o tempo gasto nas praças de alimentação para calcular o tempo de alimentação. Para isso, foram utilizadas 24 vacas e 24 novilhas holandesas que recebiam essas tecnologias e conjuntamente era realizada a avaliação visual de comportamento para efeito comparativo por oito dias. Ao final do estudo, foram encontradas correlações de moderada a alta entre as tecnologias empregadas e a avaliação visual, demonstrando que essas são ferramentas de monitoramento de precisão.

[Tullo et al. \(2016\)](#) também validaram um sistema de monitoramento contínuo e automático utilizado para avaliação de atividade e comportamento de vacas leiteiras, o GEA CowView (GEA Farm Technologies[®], Bönen, Alemanha). Esse sistema permite avaliar o comportamento através do posicionamento criando um mapa virtual do alojamento na área disponível para os animais. Para validação, os dados obtidos pelo GEA CowView foram comparados com gravações de vídeos, sendo encontrada uma precisão de mais de 95% entre ambos os bancos de dados.

Outro exemplo de sistema que permite a avaliação do comportamento alimentar é o 3D (HOBO[®] Pendant G Data Logger), pela posição da cabeça das vacas durante o pastejo. ([Nielsen, 2013](#)) realizou um ensaio comparativo com 20 vacas em sistema extensivo, utilizando contra as análises visuais de dois avaliadores durante 10 dias e encontrou uma precisão superior a 73% da tecnologia de precisão.

Além dessas, há os comedouros inteligentes que conseguem predizer com exatidão o consumo individual também utilizando a tecnologia de identificação eletrônica. Ademais ao monitoramento do consumo, fornecem informações de comportamento alimentar, como tempo total no alimentar, número de visitas com ou sem consumo e número de alimentadores visitados. Assim, é possível estabelecer o comportamento alimentar de um lote e identificar como está a aceitação do animal à dieta, como também se há relações de dominâncias opressivas, principalmente em lotes heterogêneos de vacas e novilhas (Noschang et al., 2021).

A aplicação de tecnologias em uma fazenda leiteira tem muito a agregar em melhorias de manejos, controle e qualidade de vida ao rebanho, tendo em vista que nem sempre é possível a presença de um profissional monitorando todo o rebanho diariamente, além de suas altas precisões e especificidades.

Consideração final

As tecnologias de monitoramento de comportamento animal permitem a melhor compreensão do ambiente ofertado aos animais e, juntamente com o entendimento de sua fisiologia, pode-se aprimorar técnicas e buscar soluções que propiciem a máxima produtividade, saúde e bem-estar animal.

Referências bibliográficas

- Acevedo, E. D., Peláez, A. N., & Christiani, J. J. (2021). El esmalte dental bovino como modelo experimental para la investigación en odontología. Una revisión de la literatura. *Revista de la Asociación Odontológica Argentina*. <https://doi.org/10.52979/raoa.1121>.
- Allen, M. S., & Piantoni, P. (2013). Metabolic control of feed intake: Implications for metabolic disease of fresh cows. *Veterinary Clinics: Food Animal Practice*, 29(2), 279–297. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2013.04.001>.
- Ambrósio, L. A., Toledo, L. M., Costa, M. J. R. P., & Costa, F. O. (2022). Resiliência como indicador dinâmico do bem-estar de bovinos leiteiros. *PUBVET*, 16(10), 1–15. <https://doi.org/10.31533/pubvet.v16n10a1226.1-15>.
- Arcuri, P. B., Lopes, F. C. F., & Carneiro, J. (2011). Microbiologia do rúmen. In T. T. Berchielli, A. V. Pires, & S. G. Oliveira (Eds.), *Nutrição de Ruminantes* (Issue 2th ed., pp. 115–148). FUNEP.
- Ashdown, R. R., & Done, S. (2011). *Atlas colorido de anatomia veterinária dos ruminantes*. Elsevier.
- Azevêdo, D. M. M. R., & Alves, A. A. (2009). Bioclimatologia aplicada à produção de bovinos leiteiros nos trópicos. *Embrapa*.
- Azizi, O., Hasselmann, L., & Kaufmann, O. (2010). Variations in feeding behaviour of high-yielding dairy cows in relation to parity during early to peak lactation. *Archives Animal Breeding*, 53(2), 130–140. <https://doi.org/10.5194/aab-53-130-2010>.
- Barbosa, M. A. A. F., Castro, L. M., Barbero, R. P., Brito, V. C., Miorin, R. L., Saad, R. M., Ribeiro, E. L. A., & Bumbieris Junior, V. H. (2013). Comportamento ingestivo de bovinos mantidos em pastos de *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés manejado em diferentes alturas de pastejo. *Semina-Ciencias Agrarias*, 6, 4113–4120. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2013v34n6Supl2p4145>.
- Beauchemin, K. A., Ungerfeld, E. M., Abdalla, A. L., Alvarez, C., Arndt, C., Becquet, P., Benchaar, C., Berndt, A., Mauricio, R. M., & McAllister, T. A. (2022). Invited review: Current enteric methane mitigation options. *Journal of Dairy Science*, 105(12), 9297–9326. <https://doi.org/10.3168/jds.2022-22091>.
- Benchaar, C., Chaves, A. V., Fraser, G. R., Wang, Y., Beauchemin, K. A., & McAllister, T. A. (2007). Effects of essential oils and their components on in vitro rumen microbial fermentation. *Canadian Journal of Animal Science*, 87(3), 413–419.
- Berchielli, T. T., Pires, A. V., & Oliveira, S. G. (2011). *Nutrição de Ruminantes*. FUNEP.
- Bewley, J. M., Russell, R. A., Dolecheck, K. A., Borchers, M. R., Stone, A. E., Wadsworth, B. A., Mayo, L. M., & Tsai, I.-C. (2017). Precision dairy monitoring opportunities, limitations, and considerations. *Proceedings of the Western Dairy Management Conference, Reno, NV, USA*.
- Bezerra, I. N., Batista, P. H. D., Santos, A. S., Guiselini, G., Almeida, G. L. P., Goçães, G. E., & Medeiros, V. W. C. (2021). Determinação do comportamento de bovinos de leite a pasto baseado em

- dados de localização GPS e ambientais. *Proceedings do XV Simpósio Brasileiro de Automação Inteligente*, 1. <https://doi.org/10.20906/sbai.v1i1.2863>.
- Bishop, S. C. (1992). Phenotypic and genetic variation in body weight, food intake and energy utilisation in Hereford cattle II. Effects of age and length of performance test. *Livestock Production Science*, 30(1–2), 1–18. [https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/S0301-6226\(05\)80018-1](https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/S0301-6226(05)80018-1).
- Bonnet, O. J. F., Meuret, M., Tischler, M. R., Cezimbra, I. M., Azambuja, J. C. R., & Carvalho, P. C. F. (2015). Continuous bite monitoring: a method to assess the foraging dynamics of herbivores in natural grazing conditions. *Animal Production Science*, 55(3), 339–349. <https://doi.org/10.1071/AN14540>.
- Borchers, M. R., Chang, Y. M., Tsai, I. C., Wadsworth, B. A., & Bewley, J. M. (2016). A validation of technologies monitoring dairy cow feeding, ruminating, and lying behaviors. *Journal of Dairy Science*, 99(9), 7458–7466. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-10843>.
- Braga, J. S., Macitelli, F., Lima, V. A., & Diesel, T. (2018). O modelo dos “Cinco Domínios” do bem-estar animal aplicado em sistemas intensivos de produção de bovinos, suínos e aves. *Revista Brasileira de Zootecias*, 19(2), 204–226. <https://doi.org/10.34019/2596-3325.2018.v19.24771>.
- Braun, U., Krüger, S., & Hässig, M. (2013). Ultrasonographic examination of the reticulum, rumen, omasum and abomasum during the first 100 days of life in calves. *Research in Veterinary Science*, 95(2), 326–333. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.rvsc.2013.03.019>
- Briceño-Poot, E. G., Ruiz-González, A., Chay-Canul, A. J., Ayala-Burgos, A. J., Aguilar-Pérez, C. F., Solorio-Sánchez, F. J., & Ku-Vera, J. C. (2012). Voluntary intake, apparent digestibility and prediction of methane production by rumen stoichiometry in sheep fed pods of tropical legumes. *Animal Feed Science and Technology*, 176(1–4), 117–122. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2012.07.014>.
- Calsamiglia, S., Busquet, M., Cardozo, P. W., Castillejos, L., & Ferret, A. (2007). Invited review: Essential oils as modifiers of rumen microbial fermentation. *Journal of Dairy Science*, 90(6), 2580–2595. <https://doi.org/10.3168/jds.2006-644>.
- Cecim, M. (2018). Monitoramento remoto de saúde da vaca em transição. *V Simpósio da Vaca Leiteira*, 86–113.
- Chavez, S. J., Huntington, G. B., & Burns, J. S. (2011). Use of plant hydrocarbons as markers to estimate voluntary intake and digestibility in beef steers. *Livestock Science*, 139(3), 245–251. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.livsci.2011.01.012>
- Chen, Z., Feng, Y., Zhang, R. B., Li, X., & Xu, J. B. (2020). Effect of ghrelin on TRX expression in chronic heart failure tissue: A protocol of systematic review and meta-analysis. In *Medicine (United States)* (Vol. 99, Issue 21). <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000020294>.
- Cobellis, G., Trabalza-Marinucci, M., Marcotullio, M. C., & Yu, Z. (2016). Evaluation of different essential oils in modulating methane and ammonia production, rumen fermentation, and rumen bacteria in vitro. *Animal Feed Science and Technology*, 215, 25–36. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2016.02.008>.
- Cook, N. B., & Nordlund, K. V. (2009). The influence of the environment on dairy cow behavior, claw health and herd lameness dynamics. In *Veterinary Journal* (Vol. 179, Issue 3, pp. 360–369). <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2007.09.016>.
- Costa, A. P. A., Silva, G. G. C., Mazzinghy, C. L., Motta, G. A., França, E. C., Neves, F. L. A., Santos, J. S., & Pinto, M. L. (2022). Indigestão vaginal em bovinos. *PUBVET*, 16(1), 1–8. <https://doi.org/10.31533/pubvet.v16n01a1002.1-8>.
- Cunningham, J. (2011). *Tratado de fisiologia veterinária*. Guanabara Koogan.
- Dal Más, F. E., Debiage, R. R., Schuh, B. R. F., & Guirro, E. C. B. P. (2020). Estresse térmico em bovinos leiteiros - Impactos, avaliação e medidas de controle. *Revista Veterinária em Foco*, 17(2), 42–55.
- Daltro, A. M., Bettencourt, A. F., Ximenes, C. A. K., Daltro, D. S., & Pinho, A. P. S. (2020). Efeito do estresse térmico por calor na produção de vacas leiteiras. *Pesquisa Agropecuária Gaúcha*, 26(1), 288–311. <https://doi.org/10.36812/pag.2020261288-311>.

- Daniel, J. L. P., Resende Júnior, J. C., & Cruz, F. J. (2006). Participação do rumino retículo e omaso na superfície absorptiva total do proventrículo de bovinos. *Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science*, 43, 688–694. <https://doi.org/10.11606/issn.1678-4456.bjvras.2006.26579>.
- Delamura, B. B., Souza, V. J. T., & Fukumoto, N. M. (2020). Aspectos clínicos, epidemiológicos, diagnóstico, tratamento e prevenção da cetose em vacas leiteiras: Revisão. *PUBVET*, 14(10), 1–7. <https://doi.org/10.31533/pubvet.v14n10a672.1-7>.
- 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>.
- Dolecheck, K. A., Silvia, W. J., Heersche, G., Chang, Y. M., Ray, D. L., Stone, A. E., Wadsworth, B. A., & Bewley, J. M. (2015). Behavioral and physiological changes around estrus events identified using multiple automated monitoring technologies. *Journal of Dairy Science*, 98(12), 8723. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-9645>.
- Echeverry, D. M., Penagos, F., & Ruiz-Cortés, Z. T. Z. T. (2012). Papel de la leptina y su receptor en la glándula mamaria bovina. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 25(3), 500–510.
- EFSA. (2018). *European food safety authority*.
- 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>.
- Felton, C. A., & DeVries, T. J. (2010). Effect of water addition to a total mixed ration on feed temperature, feed intake, sorting behavior, and milk production of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 93(6), 2651–2660. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-3009>.
- Fernandes, T. A., Costa, P. T., Farias, G. D., Vaz, R. Z., Silveira, I. D. B., Moreira, S. M., & Silveira, R. F. (2017). Características comportamentais dos bovinos: Influências da domesticação e da interação homem-animal. *REDVET. Revista Electrónica de Veterinária*, 18(12), 1–29.
- Fernández, T. E., Abbiati, C. N., Cabrera, A. J., & Martínez, M. R. (2011). Microdureza del esmalte dental en incisivos centrales permanentes de dos genotipos bovinos. *Revista MVZ Cordoba*, 16(1). <https://doi.org/10.21897/rmvz.289>.
- Ferracini, J. G., Ligoski, B., & Prado, I. N. (2022a). Bem-estar de bovinos em sistema de pastagem. *PUBVET*, 16(Sup. 1), 1–5. <https://doi.org/10.31533/pubvet.v16nsup1.a1307.1-5>.
- Ferracini, J. G., Ligoski, B., & Prado, I. N. (2022b). Bem-estar de bovinos terminados em confinamento: O que deve ser considerado? *PUBVET*, 16(Sup. 1), 1–6. <https://doi.org/10.31533/pubvet.v16nsup1.a1306.1-6>.
- Ferreira, S. F., Pereira, M. L. R., Melo, A. H. F., Freitas Neto, M. D., Mello, A. H. F., Oliveira, L. G., & Neto, J. T. N. (2013). Factors affecting food consumption. *Arquivos de Pesquisa Animal*, 1, 9–19.
- Forbes, J. M., & Provenza, F. D. (2000). Integration of learning and metabolic signals into a theory of dietary choice and food intake. In *Ruminant physiology: digestion, metabolism, growth and reproduction*. <https://doi.org/10.1079/9780851994635.0003>
- Fregonesi, J. A., & Leaver, J. D. (2002). Influence of space allowance and milk yield level on behaviour, performance and health of dairy cows housed in strawyard and cubicle systems. *Livestock Production Science*, 78(3), 245–257. [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(02\)00097-0](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(02)00097-0).
- Gonçalves, M. A. B., Silva, S. L., Tavares, M. C. H., Grossmann, N. V., F., Cipreste, C., & Di Castro, P. H. G. (2010). Comportamento e bem-estar animal: o Enriquecimento Ambiental. In A. Andrade, M. C. R. Andrade, A. M. Marinho, & J. Ferreira Filho (Eds.), *Biologia, Manejo e Medicina de primatas não-humanos na pesquisa biomédica*. FIOCRUZ.
- Greter, A. M., von Keyserlingk, M. A. G., & DeVries, T. J. (2012). Ration composition affects short-term diurnal feeding patterns of dairy heifers. *Applied Animal Behaviour Science*, 140(1–2), 16–24. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.applanim.2012.04.013>.
- Grummer, R. R. (1995). Impact of changes in organic nutrient metabolism on feeding the transition dairy cow. In *Journal of animal science* (Vol. 73, Issue 9, pp. 2820–2833). <https://doi.org/10.2527/1995.7392820x>.

- Haley, D. B., Rushen, J., & Passillé, A. M. (2000). Behavioural indicators of cow comfort: Activity and resting behaviour of dairy cows in two types of housing. *Canadian Journal of Animal Science*, 80(2), 257–263. <https://doi.org/10.4141/A99-084>.
- Hobson, P. N., & Stewart, C. S. (2012). *Rumen microbial ecosystem* (2nd ed.). Blackie Academic & Professional.
- Ítavo, L. C. V., Souza, S. R. M. B. O., Rímoli, J., Ítavo, C. C. B. F., & Dias, A. M. (2008). Comportamento ingestivo diurno de bovinos em pastejo contínuo e rotacionado. *Archivos de Zootecnia*, 57(217), 43–52.
- Kocabagli, N. (2018). Prevention of milk fever: A herd health approach to dairy cow nutrition. *Archives of Animal Husbandry & Dairy Science*, 1(1), 1–3. <https://doi.org/10.33552/aaahds.2018.01.000502>.
- Kozloski, G. V. (2011). *Bioquímica dos ruminantes* (3a Ed., Vol. 1). Editora Universidade Federal de Santa Maria.
- Krawczel, P., & Grant, R. (2009). Effects of cow comfort on milk quality, productivity and behavior. *Proceedings of the NMC Annual Meeting, Charlotte, NC, USA*, 25–28.
- Langhans, W., Rossi, R., & Scharrer, E. (1995). Relationships between feed and water intake in ruminants. In *Ruminant physiology: digestion, metabolism, growth and reproduction. Proceedings 8th International Symposium on Ruminant Physiology*.
- Lima, R. F. de, Araújo, H. de S., Cabral, Í. dos S., Cursino, W. dos S., & Pantoja, D. de S. (2020). Caracterização da superfície de absorção do rúmen-retículo e omaso de bubalinos. *PUBVET*, 14(2), 1–4. <https://doi.org/10.31533/pubvet.v14n2a503.1-4>
- Lima, M. R. (2015). Bem-estar animal em aulas de bioclimatologia animal. *Spei Domus*, 11(22). <https://doi.org/10.16925/sp.v11i22.1208>.
- Lobeck, K. M., Endres, M. I., Shane, E. M., Godden, S. M., & Fetrow, J. (2011). Animal welfare in cross-ventilated, compost-bedded pack, and naturally ventilated dairy barns in the upper Midwest. *Journal of Dairy Science*, 94(11), 5469–5479. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.3168/jds.2011-4363>.
- Lopes, L. O., Lacerda, M. S., & Ronda, J. B. (2013). Eficiência em desinfetantes em manejo de ordenha em vacas leiteiras na prevenção de mastite. *Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária*, 21.
- Marques, J. A., Barbosa, O. R., Albuquerque, K. P., Negrão, J. A., Lobo Júnior, A. R., Domingues, J. S., & Prado, I. N. (2005). Comportamento de novilhas bubalinas terminadas em confinamento usando promotor de crescimento ou esferas de chumbo no útero. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 27(3), 363–370. <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v27i3.1212>.
- Martins, M. F., & Pieruzzi, P. A. P. (2011). Bem estar animal na bovinocultura leiteira. In M. V. D. Santos, L. F. P. Silva, F. P. Rennó, & R. D. Albuquerque (Eds.), *Novos desafios da pesquisa em nutrição e produção animal*. VTN.
- Massironi, S., Cavalcoli, F., Rausa, E., Invernizzi, P., Braga, M., & Vecchi, M. (2020). Understanding short bowel syndrome: Current status and future perspectives. In *Digestive and Liver Disease* (Vol. 52, Issue 3, pp. 253–261). <https://doi.org/10.1016/j.dld.2019.11.013>.
- Mattachini, G., Riva, E., & Provolo, G. (2011). The lying and standing activity indices of dairy cows in free-stall housing. *Applied Animal Behaviour Science*, 129(1), 18–27. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.applanim.2010.10.003>.
- 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).
- Miller, K., & Wood-Gush, D. G. M. (1991). Some effects of housing on the social behaviour of dairy cows. *Animal Production*, 53(3). <https://doi.org/10.1017/S0003356100020262>.
- Miller-Cushon, E. K., & DeVries, T. J. (2009). Effect of dietary dry matter concentration on the sorting behavior of lactating dairy cows fed a total mixed ration. *Journal of Dairy Science*, 92(7), 3292–3298. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.3168/jds.2008-1772>.

- Moraes, E. R., Ishihara, J. H., & Sales, D. E. (2020). Efeito do bem-estar e conforto térmico na produção pecuária: uma revisão bibliográfica. *Research, Society and Development*, 9(9), e921997913–e921997913. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i9.7913>.
- Moyses, C. D., & Schulte, P. M. (2010). *Princípios de fisiologia animal*. Artmed.
- NAHMS. (2007). *National Animal Health Monitoring System Dairy. Part 1*. USDA-APHIS Veterinary Services.
- Nielsen, P. P. (2013). Automatic registration of grazing behaviour in dairy cows using 3D activity loggers. *Applied Animal Behaviour Science*, 148(3–4), 179–184. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.applanim.2013.09.001>
- Noschang, J. P., & Brauner, C. C. (2019). *Saccharomyces cerevisiae* na nutrição de ruminantes: Revisão. *PUBVET*, 13(2), 1–8.
- Noschang, J. P., Savela, M. F. B., Malaguez, E. G., Barbosa, A. A., DelPino, F. A. B., Rabassa, V. R., Corrêa, M. N., & Brauner, C. C. (2021). Milk production and feeding behavior of lactating cows supplemented with a dry fungus fermentation that express residual fibrolytic enzyme activity. *Brazilian Journal of Development*, 7(1), 2548–2563. <https://doi.org/10.34117/bjdv7n1-174>.
- NRC. (2016). *Nutrient Requirements of Beef Cattle, 8th Revised Edition*. National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/19014>
- Oliveira, V. S., Santos, A. C. P. dos, & Valença, R. de L. (2019). Desenvolvimento e fisiologia do trato digestivo de ruminantes. *Ciência Animal*, 29(3), 114–132.
- Owens, D., McGee, M., Boland, T., & O’Kiely, P. (2008). Intake, rumen fermentation and nutrient flow to the omasum in beef cattle fed grass silage fortified with sucrose and/or supplemented with concentrate. *Animal Feed Science and Technology*, 144(1–2), 23–43. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2007.09.032>.
- Park, H.-K., & Ahima, R. S. (2015). Physiology of leptin: energy homeostasis, neuroendocrine function and metabolism. *Metabolism*, 64(1), 24–34. <https://doi.org/10.1016/j.metabol.2014.08.004>.
- Patra, A. K. (2011). Effects of essential oils on rumen fermentation, microbial ecology and ruminant production. *Asian Journal of Animal Veterinary Advances*, 6, 416–428.
- Pereira, I. C., Costa, C. F., Martins, C. L., Pereira, M. C. S., Squizatti, M. M., Owens, F. N., Cruz, G. D., Millen, D. D., & Arrigoni, M. D. B. (2021). Voluntary daily fluctuation in dry matter intake is associated to feedlot performance, feeding behavior and rumen morphometrics in beef cattle. *Livestock Science*, 250, 104565. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2021.104565>.
- Peters, M. D. P., Silveira, I. D. B., Machado Filho, L. C. P., Machado, A. A., & Pereira, L. M. R. (2010). Manejo aversivo em bovinos leiteiros e efeitos no bem-estar, comportamento e aspectos produtivos. *Archivos de Zootecnia*, 59(227), 4330–4442. <https://doi.org/10.4321/s0004-05922010000300011>.
- Prado, I. N., & Moreira, F. B. (2010). Digestão de forragens pelos ruminantes. In I. N. Prado (Ed.), *Produção de bovinos de corte e qualidade da carne* (Vol. 1, pp. 19–26). Eduem.
- Prado, I. N., Ramos, T. R., Prado, R. M., Ornaghi, M. G., Stuani, O. F., & Penha, G. P. (2022). SARA (Subacute Ruminal Acidosis) sobre o desempenho e comportamento de bovinos: Revisão. *PUBVET*, 16(6), 1–11. <https://doi.org/10.31533/pubvet.v16n06a1136.1-11>.
- Ramos, T. R., Prado, R. M., Ornaghi, M. G., Stuani, O. F., Penha, G. P., & Prado, I. N. (2022). SARA (Subacute Ruminal Acidosis) sua caracterização e consequências em bovinos: Revisão. *PUBVET*, 16(6), 1–11. <https://doi.org/10.31533/pubvet.v16n06a1135.1-11>.
- Rogerson, A., Ledger, H. P., & Freeman, G. H. (1968). Food intake and live-weight gain comparisons of *Bos indicus* and *Bos taurus* steers on a high plane of nutrition. *Animal Science*, 10(4), 373–380. <https://doi.org/10.1017/S0003356100026404>.
- Salman, A. K. D., & Costa, R. B. (2006). Ação hormonal da leptina em ruminantes. *Embrapa Rondônia*, 107, 1–23.
- Santos, W. B. R., Santos, G. T., Neves, C. A., Marchi, F. E., Kazama, D. C. S., Ítavo, L. C. V., Damasceno, J. C., & Petit, H. V. (2012). Rumen fermentation and nutrient flow to the omasum in Holstein cows fed extruded canola seeds treated with or without lignosulfonate. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 41(7), 1747–1755. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982012000700026>.

- Schingoethe, D. J. (2017). A 100-Year review: Total mixed ration feeding of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, *100*(12), 10143–10150. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-12967>.
- Schwarz, D. W., & Santos, J. M. G. (2012). Mastite bovina em rebanhos leiteiros: Ocorrência e métodos de controle e prevenção. *Revista em Agronegócio e Meio Ambiente*, *5*(3), 453–473.
- Silva, A. C. (2017). *Lesões bucais*. Clube dos autores.
- Silva, D. F., Macêdo, A. J. S. S., Fonsêca, V. F. C., & Saraiva, E. P. (2019). Bem-estar na bovinocultura leiteira: Revisão. *PUBVET*, *13*(1), 1–11. <https://doi.org/10.31533/pubvet.v13n1a255.1-11>
- Silva, R. R., Prado, I. N., Carvalho, G. G. P., Santana Junior, H. A., Silva, F. F., & Dias, D. L. S. (2008). Efeito da utilização de três intervalos de observações sobre a precisão dos resultados obtidos no estudo do comportamento ingestivo de vacas leiteiras em pastejo. *Ciência Animal Brasileira*, *9*(2), 319–326.
- Silva, R. R., Silva, F. F., Prado, I. N., Carvalho, G. G. P., Franco, I. L. F., Mendes, F. B. L., & Pinheiro, A. A. (2006). Metodologia para o estudo do comportamento de bezerros confinados na fase pós-aleitamento. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*, *14*, 135–138.
- Souza, K. A., Valero, M. V., Guerrero, A., Sañudo, C., & Prado, I. N. (2015a). Refúgio ecológico e sistema de produção extensivo de bovinos de corte: Exemplo da fazenda Caiman no Pantanal do Mato Grosso do Sul. *PUBVET*, *9*(11), 467–472. <https://doi.org/10.22256/pubvet.v9n11.467-472>.
- Souza, K. A., Valero, M. V., Guerrero, A., Sañudo, C., & Prado, I. N. (2015b). Sistema de produção de bovinos de corte e ecoturismo: Exemplo da fazenda São José no Pantanal do Mato Grosso do Sul. *PUBVET*, *9*(6), 252–257. <https://doi.org/10.22256/pubvet.v9n6.252-257>.
- Spanghero, M., Zanfi, C., Fabbro, E., Scicutella, N., & Camellini, C. (2008). Effects of a blend of essential oils on some end products of in vitro rumen fermentation. *Animal Feed Science and Technology*, *145*(1–4), 364–374. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2007.05.048>.
- Storm, A. C., Kristensen, N. B., & Hanigan, M. D. (2012). A model of ruminal volatile fatty acid absorption kinetics and rumen epithelial blood flow in lactating Holstein cows. *Journal of Dairy Science*, *95*(6), 2919–2934. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.3168/jds.2011-4239>
- Tappenden, K. A. (2014). Pathophysiology of short bowel syndrome: considerations of resected and residual anatomy. In *JPEN. Journal of parenteral and enteral nutrition* (Vol. 38, Issue 1, pp. 14–22). <https://doi.org/10.1177/0148607113520005>.
- Teixeira, J. C. (1996). *Fisiologia digestiva dos animais ruminantes*. Lavras: UFLA/FAEPE.
- Terlouw, E. M. C., Lawrence, A. B., & Illius, A. W. (1991). Influences of feeding level and physical restriction on development of stereotypies in sows. *Animal Behaviour*, *42*(6), 981–991. [https://doi.org/10.1016/S0003-3472\(05\)80151-4](https://doi.org/10.1016/S0003-3472(05)80151-4).
- Tixier-Boichard, M., Ayalew, W., & Jianlin, H. (2008). Inventory, characterization and monitoring. *Animal Genetic Resources Information*, *42*, 29–44.
- Tullo, E., Fontana, I., Gottardo, D., Sloth, K. H., & Guarino, M. (2016). Technical note: Validation of a commercial system for the continuous and automated monitoring of dairy cow activity. *Journal of Dairy Science*, *99*(9), 7489–7494. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11014>.
- Watt, L. J., Clark, C. E. F., Krebs, G. L., Petzel, C. E., Nielsen, S., & Utsumi, S. A. (2015). Differential rumination, intake, and enteric methane production of dairy cows in a pasture-based automatic milking system. *Journal of Dairy Science*, *98*(10), 7248–7263. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-9463>.
- Zanine, A. M., & Macedo Júnior, G. L. (2006). Importância do consumo da fibra para nutrição de ruminantes. *REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria*, *7*(4), 1–11.
- 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>.

Histórico do artigo:**Recebido:** 11 de julho de 2024**Aprovado:** 15 de agosto de 2024**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.