

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA

**Ana Beatriz Inácio de Freitas**

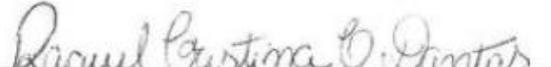
**USO DE ADITIVOS MICROBIANOS E SUAS IMPLICAÇÕES SOBRE A  
DIGESTIBILIDADE E DESEMPENHO DE RUMINANTES BOVINOS**

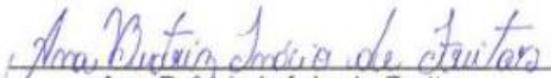
**Uberlândia – MG  
2021**

**Ana Beatriz Inácio de Freitas**

**USO DE ADITIVOS MICROBIANOS E SUAS IMPLICAÇÕES SOBRE A  
DIGESTIBILIDADE E DESEMPENHO DE RUMINANTES BOVINOS**

Monografia apresentada a  
coordenação do curso graduação em  
Zootecnia da Universidade Federal de  
Uberlândia, como requisito parcial a  
obtenção do título de Zootecnista.

  
Profa. Dra. Raquel Cristina Cavalcanti Dantas  
Orientadora

  
Ana Beatriz Inácio de Freitas  
Discente

**Uberlândia – MG  
2021**

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho para minha mãe Maria Helena que tanto foi e continua sendo importante em minha vida. Mesmo já não estando presente na Terra, continua sempre presente em meu coração e em cada detalhe. Se tornou um anjo tão cedo e sem poder ver fisicamente minhas conquistas. Tenho orgulho de ter essa mãe que tanto me apoiou.

Graças a ela e ao meu pai Joaquim Inácio, que também já é um anjinho, estou concluindo mais uma etapa em minha vida. Também dedico meu diploma para minhas tias do coração, tia Edilainy e tia Carmem, que também sempre me apoiaram, e estiveram ao meu lado em todos os meus momentos, e também ao lado de minha mãe. É à vocês que irei dedicar o meu diploma.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus, pela vida e oportunidade em ingressar em uma faculdade federal. Agradeço a minha mãe e ao meu pai pela vida, aos meus tios Miguel e Gabriel, que tanto me influenciaram desde a infância para escolher um curso na área da agropecuária. Agradeço aos meus amigos de curso, Jéssica Lima e Bianca Salviano, e aos professores pela paciência ao longo dos cinco anos de faculdade, e em especial a minha orientadora Dra. Raquel Cristina Cavalcanti Dantas pela paciência e ajuda neste trabalho de conclusão de curso.

## **RESUMO**

Os ruminantes encontram-se difundidos praticamente em todo o mundo, sendo destaque como uma das principais criações econômicas de vários países. O estômago desses animais é multicavitário, possuindo quatro câmaras: retículo, rúmen, omaso e abomaso. O rúmen é a principal câmara fermentadora, constituída por uma grande população de micro-organismos vivendo em simbiose com o hospedeiro. A alimentação dos ruminantes consiste em carboidratos fibrosos, que são digeridos com o auxílio da microbiota natural ruminal, mas que pode ser potencializada pelo uso de aditivos microbianos de inclusão direta (DFM, do inglês Direct Fed Microbials), que podem ser suplementados por via oral para produzir uma resposta benéfica à saúde e desempenho do animal hospedeiro. Sendo assim, o objetivo desta pesquisa foi compreender como o uso de DFM pode potencializar a microbiota natural dos ruminantes bovinos, contribuindo para a digestibilidade e efeitos benéficos sobre o desempenho animal. A metodologia foi fundamentada em uma revisão bibliográfica sobre ruminantes bovinos, a partir de fontes confiáveis e atuais, com autores diversos e de diferentes regiões do Brasil ou do mundo (periódicos nacionais e internacionais). Os bovinos apresentam uma poderosa e eficiente microbiota ruminal, constituída por micro-organismos diversos, incluindo bactérias, arqueas, fungos filamentosos, leveduras e protozoários. Em geral, os efeitos benéficos com o uso de DFM a partir da literatura são o favorecimento da saúde intestinal, maior digestibilidade e potencial fibrolítico, ganho nutritivo e maximização do desempenho animal. Embora a microbiota seja essencial para a digestão de alimentos fibrosos, a maximização do desempenho animal pode ser conseguida a partir do uso de DFM, garantindo um maior retorno econômico ao produtor de bovinos.

### **Palavras-chave**

Microbiota ruminal; Aditivos microbianos; Ruminantes; Bovinos

## **ABSTRACT**

Ruminants are spread practically all over the world, being highlighted as one of the main economic creations of several countries. The stomach of these animals is multicavitary, having four chambers: reticulum, rumen, omasum and abomasum. The rumen is the main fermentation chamber, made up of a large population of microorganisms living in symbiosis with the host. The diet of ruminants consists of fibrous carbohydrates, which are digested with the aid of the natural ruminal microbiota, but which can be enhanced by the use of Direct Fed Microbials (DFM) which can be supplemented orally to produce a beneficial response to the health and performance of the host animal. Thus, the objective of this research was to understand how the use of DFM can enhance the natural microbiota of bovine ruminants, contributing to digestibility and beneficial effects on animal performance. The methodology was based on a literature review on bovine ruminants, from reliable and current sources, with different authors and from different regions of Brazil or the world (national and international journals). Cattle have a powerful and efficient ruminal microbiota, consisting of diverse microorganisms, including bacteria, archaea, filamentous fungi, yeasts and protozoa. In general, the beneficial effects with the use of DFM from the literature are favoring intestinal health, greater digestibility and fibrolytic potential, nutritional gain and maximization of animal performance. Although the microbiota is essential for the digestion of fibrous foods, the maximization of animal performance can be achieved through the use of DFM, ensuring a greater economic return to the cattle producer.

### **Key words**

Ruminal microbiota; Microbial additives; Ruminants; Cattle

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>8</b>
<b>2. OBJETIVOS.....</b>	<b>9</b>
<b>2.1 Objetivo Geral.....</b>	<b>9</b>
<b>2.2 Objetivos Específicos.....</b>	<b>9</b>
<b>3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>10</b>
<b>3.1 Os ruminantes.....</b>	<b>10</b>
<b>3.2 Dieta dos ruminantes.....</b>	<b>11</b>
<b>3.2.1Carboidratos fibrosos.....</b>	<b>12</b>
<b>3.3 Aditivos microbianos de inclusão direta (DFM).....</b>	<b>14</b>
<b>4. METODOLOGIA .....</b>	<b>15</b>
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>16</b>
<b>5.1 Pesquisa bibliográfica informativo – microbiota gástrica dos ruminantes e sua participação na digestão.....</b>	<b>16</b>
<b>5.2 Pesquisa bibliográfica integrativa – efeitos da adição de DFM à dieta de ruminantes.....</b>	<b>20</b>
<b>6. CONCLUSÃO.....</b>	<b>26</b>
<b>7. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>27</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>27</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Atualmente, os ruminantes encontram-se difundidos praticamente em todo o mundo, sendo destaque como uma das principais criações econômicas de vários países. A criação destes animais representa um dos pilares da economia nacional, ao ser autossuficiente e estar entre as maiores exportadoras do mundo (BETTENCOURT,2015). A busca pela maximização do desempenho e produção desses animais é alvo de pesquisas recentes, e está estreitamente relacionada com a digestibilidade do alimento ofertado e melhor aproveitamento dos nutrientes (CHAUDHRY,2008).

A dieta natural dos ruminantes é principalmente de origem vegetal, e estes mamíferos possuem maior eficiência no aproveitamento da energia dos alimentos fibrosos que os demais herbívoros (CHAUDHRY, 2008). Mudanças e adequações morfológicas nos ruminantes aconteceram ao longo da evolução, fazendo com que estes animais pudessem aumentar, por exemplo, a capacidade de alimento ingerido e o ganho de massa corporal através da digestão de alimentos considerados relativamente pobres e altamente recalcitrantes (BETTENCOURT, 2015).

A particularidade do sistema digestório dos ruminantes (multicavitário), e a capacidade de fermentação microbiana pré-gástrica do rúmen permite a estes animais alimentarem-se de forma mais eficiente de componentes estruturais da fibra vegetal, como a celulose (CLAUSS e HUMMEL 2017). A ação da população microbiana ruminal sobre o substrato tem especial importância, pois constitui a base da fisiologia digestiva enzimática dos ruminantes (KHAN et al., 2016).

Os carboidratos que compõe a parede celular vegetal, principalmente os polissacarídeos estruturais e fibrosos (celulose, hemicelulose e pectina), apesar de difícil digestão, são a principal fonte de energia para estes animais (CLAUSS e HUMMEL,2017). O ecossistema microbiano ruminal, composto por uma diversa população simbiótica de bactérias, arqueas, fungos e protozoários, contribui para a capacidade de utilização eficiente desses polímeros vegetais recalcitrantes. Sabe-se que bactérias e fungos contribuem com aproximadamente 80% da degradação, e os protozoários correspondem aos demais 20% (BERCHIELLI et al., 2011).

A degradação e metabolismo de carboidratos fibrosos são realizados através de atividades síncronas dos complexos enzimáticos produzidos pela microbiota ruminal. Entretanto, a insolubilidade, a complexidade estrutural e a inacessibilidade inicial das

fibras vegetais, muitas vezes limita o processo fermentativo no rúmen. Portanto, embora os ruminantes tenham desenvolvido um poderoso e sofisticado ecossistema microbiano, polissacarídeos da parede celular raramente são completamente degradados pela microflora ruminal, o que pode limitar o aproveitamento de nutrientes (WANG e MCALLISTER,2002).

A maximização digestiva de carboidratos fibrosos tem sido alvo de estudos que visam promover melhor desempenho da produção animal e, nas últimas décadas, o uso de aditivos microbianos de inclusão direta (DFM, do inglês Direct-Fed Microbials) tem se destacado por demonstrar bons resultados aos ruminantes, além de ser um método seguro e biosustentável (SOUZA, 2007). A adição destes suplementos alimentares tem como principal objetivo beneficiar a própria microbiota natural e potencializar o processo fermentativo, resultando em melhor digestibilidade e maior desempenho do animal.

O uso de DFM tem demonstrado inúmeros efeitos indiretos e benéficos para os ruminantes, incluindo resultados satisfatórios quanto a digestão de carboidratos fibrosos. Diante do número crescente de pesquisas e estudos envolvendo o uso de DFM na última década, é importante conhecer as principais tendências e limitações da técnica no Brasil e no mundo.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo Geral**

Compreender como o uso de DFM pode potencializar a microbiota natural dos ruminantes e contribuir para a digestibilidade e desempenho animal.

### **2.2. Objetivos Específicos**

- Compreender a microbiota ruminal e sua importância para a digestibilidade de alimentos fibrosos em ruminantes;
- Identificar os principais micro-organismos utilizados como DFM em estudos da última década;
- Compreender como o uso de DFM afeta a digestibilidade de alimentos fibroso e os principais benefícios para o desempenho de ruminantes bovinos, de diferentes raças, sexos e idades.

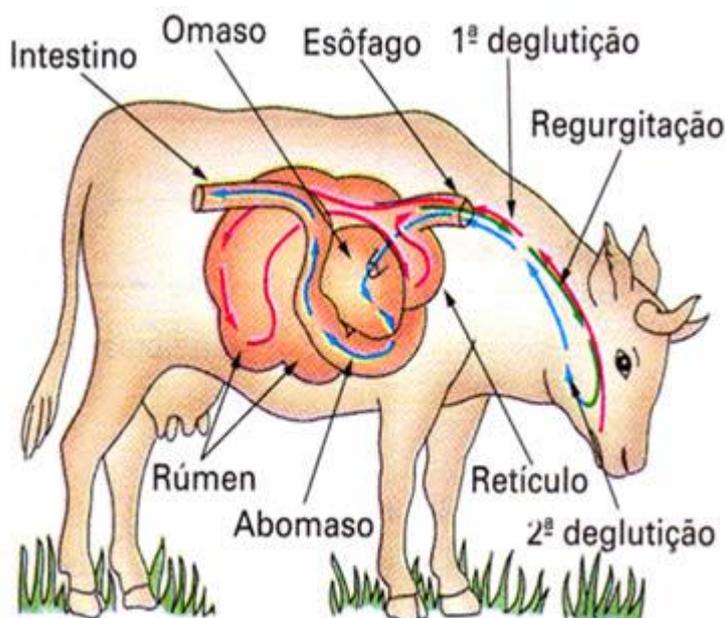
### 3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

#### 3.1. Os ruminantes

A palavra “ruminante” vem do ruminare em latim, que significa “para mastigar de novo”. Assim, o termo ruminantes se refere aos animais que possuem o hábito de ruminar, isto é, depois de ingerir rapidamente o alimento, entre os períodos de alimentação, esse alimento é regurgitado para a boca onde é novamente mastigado (ruminado) e deglutido (BERCHIELLI et al., 2011). Muitos animais herbívoros são ruminantes, e dentre estes podemos destacar os bovinos pela sua grande representação econômica nacional, uma vez que o Brasil possui o 2º maior rebanho bovino do mundo (HORNBUCKLE, 2017).

Animais ruminantes possuem particularidades em seu sistema digestório quando comparado com outros mamíferos, com destaque para sua fisiologia composta de pré-estômagos (BERCHIELLI et al., 2011). No caso dos bovinos o estômago tem quatro compartimentos (figura 1), sendo classificados em: i) Rúmen, compartimento que recebe o alimento ingerido, mastigado e colonizado pelos micro-organismos em suas partículas, sendo a principal câmara fermentadora. O rúmen tem como característica ser um ambiente anaeróbico (baixa concentração de oxigênio), temperatura entre 38 a 42 °C, pH entre 5 a 7 (média 6,8) de acordo com o tipo de alimento ingerido, presença contínua de substratos e intensa atividade fermentativa microbiana (MEDEIROS 2015); ii) Retículo, que atua de forma conjugada com o rúmen também pela ação dos micro-organismos, e no qual alimentos com partículas muito grandes serão regurgitados para sua diminuição; iii) Omaso, no qual o alimento é triturado e retirado parte da água, além de ser o local de seleção do alimento apto ou não para seguir para o abomaso; iv) Abomaso, considerado o estômago verdadeiro, por ser semelhante ao estômago dos demais mamíferos, contendo mucosa gástrica glandular e tecido não glandular, responsável também pela secreção de ácidos para a digestão final (HORNBUCKLE, 2017).

**Figura 1.** Esquemática da digestão dos ruminante.



Fonte: [brasilecola.com](http://brasilecola.com)

Além de poligástricos, ou seja, possuírem esses diversos compartimentos gástricos, os ruminantes apresentam outra vantagem adaptativa importante para melhor digestão e aproveitamento dos alimentos fibrosos. Não sendo capazes de secretar algumas enzimas próprias, estes animais se adaptaram a um processo simbiótico com micro-organismos colonizadores de seu trato digestivo, capazes de auxiliar no processo de digestão das fibras vegetais através da secreção e atuação de complexos enzimáticos eficientes (BERCHIELLI et al., 2011).

### 3.2. Dieta dos Ruminantes

Os carboidratos constituem de 70 a 80% da dieta dos ruminantes, pois a base da alimentação desses animais são as plantas forrageiras, as quais são formadas principalmente por polissacarídeos (BERCHIELLI et al., 2011).

Os carboidratos podem ser classificados de diferentes formas: pelas unidades de monômeros de formação, que os divide em monossacarídeos, dissacarídeos, oligossacarídeos e polissacarídeos; ou pela função que exercem no tecido da planta, categorizados em: carboidratos estruturais e não estruturais (MONTEMAYOR et al.,

2009). Os carboidratos estruturais fazem parte da estrutura da planta, sendo constituintes da parede celular vegetal e chamados de fibra. Do ponto de vista nutricional, estes carboidratos são conhecidos como carboidratos fibrosos (BERCHIELLI et al., 2011). Já os carboidratos não estruturais incluem todos os carboidratos existentes no conteúdo celular, tais como os açúcares e oligossacarídeos, amido e fructanas, sendo nutricionalmente denominados carboidratos não fibrosos (ARCHERI, 2014).

O principal produto da fermentação ruminal dos carboidratos são os ácidos graxos voláteis (AGV), que são utilizados pelos ruminantes como principal fonte energética (BERCHIELLI et al., 2011). Os principais AGVs encontrados pós fermentação são o acético, propiônico e butírico, que são absorvidos pelas papilas ruminais e chegam à circulação sanguínea. Os AGVs podem ser usados para geração de energia ou como precursores de gordura (acético e butírico) ou de glicose (propiônico) (CASTILLO et al., 2014).

Os carboidratos não fibrosos apresentam alta taxa de fermentação e levam a diminuição do pH ruminal, o que pode influenciar o desenvolvimento da microbiota ruminal. Já os carboidratos fibrosos apresentam baixa taxa de fermentação, e estimulam a ruminação e maior salivacão do animal, o que auxilia no tamponamento do pH do rúmen (BERCHIELLI et al., 2011). Por essa razão, o equilíbrio no fornecimento de carboidratos fibrosos e não fibrosos é importante para manter o ambiente ruminal estável (MONTEMAYOR et al., 2009).

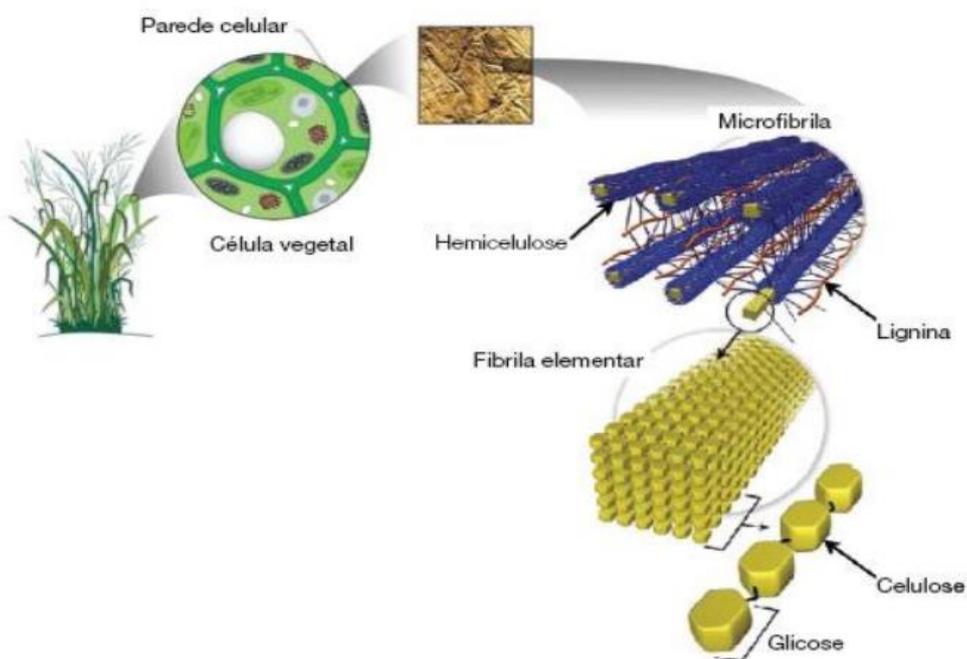
O carboidrato fibroso é considerado como fração menos digerível do alimento, sendo necessário a atuação de enzimas produzidas pela microbiota presente nas câmaras fermentativas, principalmente no rúmen. Além disso, o ato de ruminação auxilia na diminuição do tamanho de partículas do alimento e na maior adesão dos micro-organismos a estas partículas no rúmen (CIPAV, 2011).

### **3.2.1. Carboidratos Fibrosos**

A fibra vegetal é um dos principais constituintes da parede celular dos vegetais. Além de constituir um papel fundamental para a nutrição dos micro-organismos presentes nos pré-estômagos, a fibra vegetal é essencial para manutenção fisiológica dos ruminantes (CIPAV, 2011). Alimentos fibrosos fermentados geram uma potente fonte de energia, além de serem precursores para síntese de produtos de grande valor econômico, como o leite (MACEDO JUNIOR et al., 2007).

A digestão das fibras depende da maturidade pela qual o alimento fornecido se encontra, incluindo sua estrutura e composição química, podendo o carboidrato fibroso variar de forma vasta nas dietas, entre 13,5% a 78% do ofertado (BERCHIELLI et al., 2011). No seu aspecto químico, as paredes celulares fibrosas das plantas contêm dois tipos principais de polissacarídeos: celulose e hemicelulose, além da lignina, que trata-se de um composto fenólico, e não um carboidrato. A figura 2 demonstra a arquitetura geral da parede celular vegetal.

**Figura 2.** Arquitetura da parede celular vegetal



**Fonte:** Passareti Filho 2009.

A celulose é o principal polissacarídeo constituinte da fibra vegetal, formada por unidades de D-glicose ligadas por ligações glicosídicas  $\beta$ -1,4, que formam longas cadeias lineares com alto grau de polimerização (~30 a 36 cadeias intermolecularmente ligadas) e elevado peso molecular. Os polímeros de celulose estão distribuídos paralelamente entre si, unidos através de pontes de hidrogênio e arranjando-se em microfibrilas que encontram-se ligadas à hemicelulose e à lignina (CHAUDHRY, 2008).

A hemicelulose é uma coleção heterogênea de polissacarídeos amorfos, com cadeia ramificada e grau de polimerização muito inferior ao da celulose (~50 a 250 unidades), oferecendo menor resistência à conversão (BERCHIELLI et al., 2011). A lignina é uma complexa macromolécula polifenólica tridimensional que se liga à hemicelulose e envolve parcialmente os polissacarídeos e as microfibrilas de celulose (CIPAV 2011). Em uma

visão geral, as moléculas de hemicelulose estruturam as fibras de celulose, e a lignina preenche os espaços entre estes polissacarídeos (WLODARSKI 2017). Por essa razão, esses carboidratos possuem degradação lenta e parcial, ocupando espaço no trato gastrointestinal dos animais (RABELLO, 2008).

Tanto na saliva como no suco pancreático dos mamíferos existem enzimas hidrolíticas (amilases) capazes de catalisar a quebra das ligações glicosídicas  $\alpha$ -1,4 do amido e do glicogênio, mas não das ligações  $\beta$ -1,4 da celulose, sendo essencial o papel dos micro-organismos na fermentação ruminal, cujas enzimas são capazes de hidrolisar essas ligações, tornando possível utilizar a celulose como fonte de energia (HORNBUCKLE et al., 2017). A fermentação ruminal, que precede a digestão gástrica em ruminantes, converte os componentes estruturais das plantas em formas que podem ser utilizadas pelos animais. Dessa forma, a taxa de degradação da fração fibrosa e a capacidade fermentativa do bolo alimentar pela população microbiana influencia as funções metabólicas e fisiológicas dos animais, afetando diretamente sua produtividade e desempenho (MEDEIROS et al., 2015).

Apesar de recalcitrantes à digestão, os carboidratos fibrosos são de extrema importância aos ruminantes, já que fornecem energia e estimulam a ruminação, a salivação e a motilidade ruminal (HORNBUCKLE, 2017). A escassez de fibra no retículo determina a falta de ruminação, interferindo na produção e secreção de saliva, que possui elementos tamponantes. Isso resulta na diminuição do pH ruminal, gera acidose e pode levar a prejuízos para o animal, como quadros de laminite e timpanismo espumoso (RABELLO 2008). Adicionalmente, os carboidratos fibrosos auxiliam de forma significativa na renovação do conteúdo ruminal e na taxa de passagem.

### **3.3. Aditivos microbianos de inclusão direta (DFM)**

Os carboidratos da parede celular da matéria vegetal consumida pelos ruminantes suprem a maior parte de seus requisitos energéticos. No entanto, embora a complexidade da microbiota ruminal seja essencial para digestão das fibras vegetais, sabe-se que parte dos nutrientes não são totalmente assimilados, o que resulta em perdas do desempenho e produtividade animal (BERCHIELLI et al., 2011).

Em 1989, a agência americana FDA (Food and Drug Administration) requisitou às indústrias americanas o uso do termo DFM (Direct-Fed Microbials) ao invés do termo probiótico, e definiu DFM como “fonte de micro-organismos vivos (viáveis) que ocorrem naturalmente” (KHAN et al., 2016). Assim, DFM é um termo reservado para micróbios

vivos de ocorrência natural que podem ser suplementados por via oral para produzir uma resposta benéfica à saúde e desempenho do animal hospedeiro (SOUZA, 2007).

A definição de DFM é de natureza ampla e inclui uma variedade de micro-organismos inoculantes como leveduras, fungos filamentosos e bactérias, que colonizam e se multiplicam no rúmen, resultando um efeito benéfico sobre o próprio ecossistema microbiano ruminal pré-estabelecido (KHAN et al., 2016). A ação benéfica de DFM no ambiente ruminal associa-se ao aumento da ingestão de matéria seca, sendo proporcionada por elevação significativa na taxa de degradação da fibra vegetal, especialmente em dietas ricas em concentrado fibroso.

Vários casos de aumento no desempenho animal são documentados na literatura quando os ruminantes foram suplementados com DFM. Os mecanismos propostos para o aumento no desempenho animal estão relacionados com a produção de compostos antimicrobianos (ácidos, bacteriocinas, antibióticos), competição com organismos indesejáveis (patogênicos) pela colonização do substrato, produção ou estímulo de enzimas, metabolismo ou de toxificação de compostos indesejáveis, estímulo de resposta imune no animal hospedeiro, produção de nutrientes e vitaminas, entre outros fatores estimuladores de crescimento do animal hospedeiro (RODE, 2001).

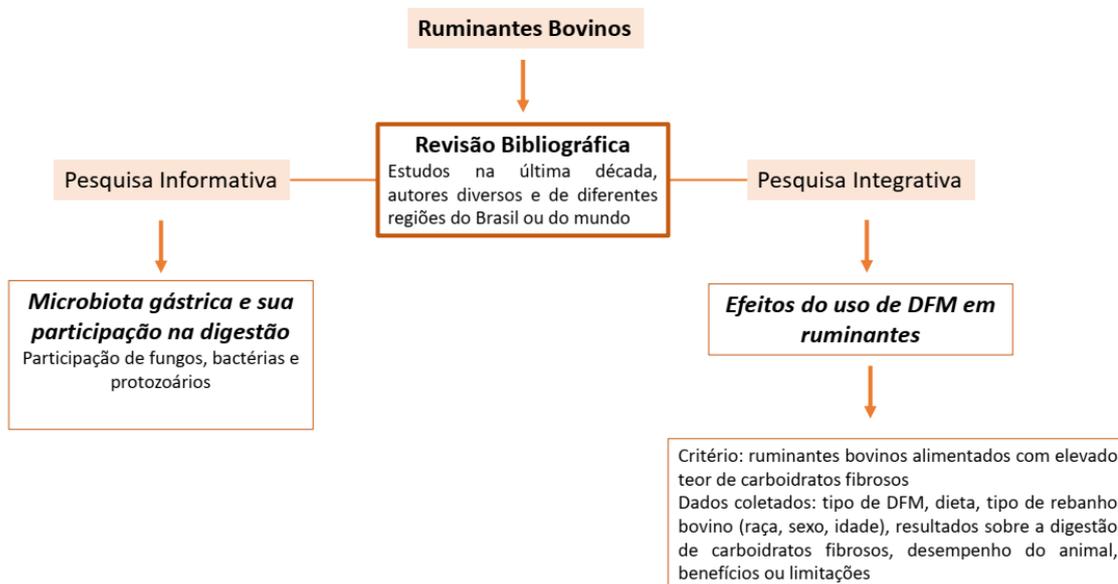
Embora o aumento do equilíbrio microbiano ruminal pareça ser o principal mecanismo de ação das DFM, os efeitos no rúmen podem variar com base em uma série de fatores, como a idade do animal, espécie hospedeira, fatores ambientais, microbiota ruminal prevalente, composição da dieta, entre outros. Portanto, mais estudos são esperados para substanciar esses efeitos e auxiliar na concepção de estratégias nutricionais para extrair a maximização de benefícios (WLODARSKI, 2017).

#### **4. METODOLOGIA**

A metodologia foi fundamentada em uma revisão bibliográfica sobre ruminantes bovinos, a partir de fontes confiáveis e atuais, com autores diversos e de diferentes regiões do Brasil ou do mundo (periódicos nacionais e internacionais).

A revisão bibliográfica foi conduzida de maneira informativa para compreender como a microbiota gástrica dos ruminantes é importante para o processo digestivo desses animais. Adicionalmente, foi conduzida uma pesquisa integrativa a partir de estudos recentes e com resultados experimentais quanto ao uso de DFM em ruminantes, seus benefícios ou limitações (figura 3).

**Figura 3.** Organograma da revisão bibliográfica baseada em pesquisa informativa e integrativa.



Os resultados de estudos experimentais para a pesquisa integrativa seguirão os seguintes critérios: ruminantes bovinos alimentados com dietas a base de forragens com elevado teor de carboidratos fibrosos, como silagem de cana-de-açúcar, silagem de sorgo, silagem de capim-elefante, entre outras. Os dados coletados serão: tipo de DFM, tipo de dieta, tipo de rebanho bovino (raça, sexo ou idade), resultados sobre a digestão de carboidratos fibrosos, desempenho do animal em geral, benefícios e limitações.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 5.1. Pesquisa bibliográfica informativa - *Microbiota gástrica dos ruminantes e sua participação na digestão*

Embora os ruminantes não sejam capazes de secretar certas enzimas que auxiliam na função de digestão, estes animais possuem um ambiente gastrointestinal favorável para a proliferação de micro-organismos, que além de viver de forma interativa, compõe uma rica microbiota atuante no papel enzimático da digestão. Essa microbiota é essencial para auxiliar na energia de manutenção usufruída pelo animal (CLAUSS e HUMMEL, 2017).

O rúmen, primeiro compartimento do estômago multicavitário, é a principal câmara fermentativa dos ruminantes e possui um complexo ecossistema microbiano, incluindo grande variedade de fungos e arqueas, mas principalmente, bactérias e protozoários ciliados (CLAUSS e HUMMEL, 2017). Os micro-organismos endossimbiontes presentes nessa microbiota ruminal absorvem parte dos nutrientes dos alimentos para sua própria manutenção e em contrapartida, são essenciais para o processo de digestão do material vegetal ingerido pelo hospedeiro, permitindo-o aproveitar os nutrientes de carboidratos fibrosos de forma mais eficiente (MONTEMAYOR et al.,2009).

A colonização do rúmen ocorre por meio do contato entre ruminantes adultos (com microbiota ruminal formada) e jovens. Tal processo é conhecido como transfaunação e ocorre gradualmente (BERCHIELLI et al., 2011). Os primeiros micro-organismos a colonizarem o rúmen são as bactérias, que preparam o local para a chegada dos demais micro-organismos, primeiro os fungos e protozoários flagelados e por último, os protozoários ciliados (ALMEIDA et al., 2013). A microbiota então estabelecida auxilia na digestão da matéria vegetal pela produção e secreção de complexos enzimáticos (WLODARSKI,2017).

É de extrema importância uma microbiota ruminal sadia e atuante, que propicie a maximização de aproveitamento dos nutrientes ingeridos, com elevada produção de energia de manutença e maior produção animal. O desequilíbrio do ambiente ruminal pode ocasionar a morte dos micro-organismos, diminuindo a eficiência da fermentação, e conseqüente menor aproveitamento dos alimentos fibrosos (BERCHIELLI et al., 2011).

As bactérias estão em maior quantidade e diversidade no ambiente ruminal, representando cerca de 60 a 90% da biomassa microbiana, com cerca de 10 bilhões de células por ml de fluido ruminal, e cerca de 200 espécies já descritas (MATTHEWS et al., 2018). A fermentação bacteriana é de extrema importância para o animal, uma vez que as bactérias são capazes de degradar a lignina, hemicelulose, celulose, proteína, amido e o óleo contido em determinados alimentos (WLODARSKI,2017). A interação entre elas e outros grupos de micro-organismos é responsável pelo efeito sinérgico na produção de ácidos graxos voláteis e da proteína microbiana, utilizada para biossíntese de macromoléculas importantes.

A composição das bactérias encontradas no rúmen é ditada por uma série de fatores, incluindo a preferência por certos substratos ou dieta, necessidades energéticas e resistência a certos produtos finais metabólicos que podem ser tóxicos para algumas espécies

(CASTILLO-GONZALEZ et al., 2014). No estudo de Hungate (1966), no qual as populações microbianas do rúmen foram estudadas usando uma abordagem baseada em cultura, foi determinado que a composição bacteriana ruminal é principalmente Gram negativa quando os animais são alimentados com dietas ricas em forragem, e a prevalência de bactérias Gram positivas, como *Lactobacillus*, ocorre em animais alimentados com dietas de alto teor de grãos, com níveis de pH ruminal diminuído após o consumo de carboidratos facilmente fermentáveis (OLIVEIRA et al., 2005).

Usualmente, as bactérias do rúmen são classificadas de acordo com a utilização de substratos ou características fermentativas comuns. Bactérias que degradam os carboidratos estruturais/fibrosos (celulose e hemicelulose) são conhecidas como celulolíticas, e hidrolisam a celulose por meio de complexos enzimáticos denominados celulases. Bactérias que degradam carboidratos de natureza não-estrutural/não-fibrosos (amido, pectina e açúcares) são denominadas amilolíticas e pectinolíticas, e atuam pela produção de amilases e pectinases, respectivamente (MONTEMAYOR et al., 2009). Vale ressaltar que se produz uma grande superposição de bactérias nos grupos, porque a maioria das espécies é capaz de fermentar vários substratos diferentes, estruturais e não estruturais.

As principais espécies de bactérias celulolíticas do ambiente ruminal são *Ruminococcus flavefaciens*, *Ruminococcus albus*, *Bacteroides succinogenes*, *Butyrivibrio fibrisolvens*, *Acetobacter xylinium*, além de bactérias pertencentes aos gêneros *Bacillus* sp., *Cellulomonas* sp., *Thermomonospora* sp., *Ruminococcus* sp., *Erwinia* spp., *Acetovibrio* sp. e *Streptomyces* sp., que também foram descritas como importantes produtores de celulases (WLODARSKI, 2017). Algumas espécies de bactérias são capazes de fermentar além da celulose, a hemicelulose, incluindo a espécie *Butyrivibrio fibrisolvens*, que é capaz de degradar os dois carboidratos fibrosos, possuindo grande importância na alterações de dietas em ruminantes selvagens e domesticados (MONTEMAYOR et al., 2009).

O amido é fermentado principalmente por espécies do gênero *Bacterioides* spp., como a *Bacterioides amilophilus*. Outras espécies como *Streptococcus bovis* e *Selenomonas ruminantium* são capazes de fermentar açúcares solúveis e amido, porém quando existe grande quantidade desses carboidratos. Entre os micro-organismos capazes de fermentar a pectina podemos destacar as espécies *Lachnospira multiparus* e *Streptococcus bovis*, além de algumas espécies celulolíticas. Algumas bactérias importantes de digestão de celulose e hemicelulose ruminal, incluindo *Ruminococcus albus*,

*Fibrobacter succinogenes*, *Butyrivibrio proteoclasticus* e *Prevotella ruminicola* são também micro-organismos pectinolíticos (BERCHIELLI et al., 2011).

As arqueas do ambiente ruminal são estritamente anaeróbicas e são os únicos micro-organismos ruminais capazes de produzir metano, sendo conhecidas como micro-organismos metanogênicos (MATTHEWS et al., 2019). São encontradas no rúmen em torno de  $10^6$  a  $10^8$  células/ml, representando menos de 4% da comunidade microbiana total (MATTHEWS et al., 2019). De acordo com a meta-análise de dados globais, 90% dos metanogênicos ruminais pertencem aos seguintes gêneros: *Methanobrevibacter* (63,2%), *Methanomicrobium* (7,7%) *Methanosphaera* (9,8%), *Thermoplasma* (7,4%) e *Methanobacterium* (1,2%) (MATTHEWS et al., 2019).

As arqueas metanogênicas utilizam os produtos finais da fermentação, metabolizando o gás hidrogênio para reduzir  $\text{CO}_2$  e formar o gás metano, em um processo conhecido como metanogênese, responsável pela síntese de energia (ATP) para o micro-organismo. Dessa forma, a produção de metano mantém as concentrações de hidrogênio baixas, permitindo o crescimento de outras espécies no rúmen e tornando a fermentação mais eficiente (MATTHEWS et al., 2019).

Os protozoários da fauna ruminal são micro-organismos unicelulares, anaeróbios, não patogênicos, e representam de 40 a 60% da biomassa microbiana total do rúmen. Normalmente, os protozoários encontrados no rúmen são da classe dos Ciliados, sendo que as principais espécies descritas incluem *Isotricha intestinalis*, *Isotricha prostoma*, *Ophryoscolex purkynjei*, *Ophryoscolex inermis*, *Entodinium bursa*, *Entodinium dentatum*, *Entodinium caudatum*, *Buetschlia* e *Dasytricha* (WLODARSKI, 2017). Os protozoários ciliados são encontrados em torno de  $10^4$  a  $10^6$  células/ml de fluido ruminal e são responsáveis por 30 a 40% da digestão total da fibra (MATTHEWS et al., 2019). Estes micro-organismos também são relativamente ativos na hidrólise de lipídios e podem produzir hidrogênio por meio de seus hidrossomas (MATTHEWS et al., 2019).

Do ponto de vista do substrato fermentativo, os protozoários podem ser classificados como utilizadores de açúcar, os que degradam amido e os que hidrolisam carboidratos complexos (lignina e celulose). Entretanto, açúcares e amido são preferencialmente metabolizados por estes micro-organismos, e estes substratos prontamente fermentáveis e assimilados promovem um efeito tamponante no rúmen, o que reduz o risco de acidose ruminal em dietas ricas em grãos ou açúcares (BERCHIELLI et al., 2011).

Os fungos do rúmen representam aproximadamente de 8 a 12% do total da biomassa microbiana no rúmen, podendo variar amplamente, dependendo da dieta ofertada (MATTHEWS et al., 2019). Embora as leveduras possam estar presentes, os fungos filamentosos anaeróbios são predominantes no ambiente ruminal, sendo considerados micro-organismos degradadores essenciais ao produzirem altos níveis de celulasas e hemicelulasas, além da habilidade para quebrar o xilano pela produção de xilanases (MATTHEWS et al., 2019).

Os fungos do rúmen podem assumir importância fundamental na digestão das matéria vegetal, não só através de complexos enzimáticos eficientes, mas também por habilidades mecânicas de suas hifas ou rizoides (BERCHIELLI et al., 2011). A ação dos fungos sobre a parede vegetal diminui a rigidez estrutural das forragens, tendo participação ativa no rompimento físico da fibra lignificada por meio da penetração das hifas, aumentando também a superfície acessível para a ação das bactérias (WLODARSKI, 2017).

A maioria dos fungos filamentosos do rúmen são anaeróbios, produtores de zoósporos flagelados e pertencem à classe dos *Chytridiomycetos*. Animais que vivem em ambientes tropicais contém significativa quantidade de fungos quitridiomycetos e a principal espécie encontrada em bovinos é a *Neocallimastix variabilis* (GALLO2015). De acordo com Wlodarski e colaboradores (2017), os fungos *Neocallismatix frontalis*, *Sphaeromonas communis* e *Piromonas communis* são importantes para degradação dos carboidratos fibrosos, principalmente os que possuem alto teor de lignificação (WLODARSKI et al., 2017).

Castillo e colaboradores (2014) avaliaram-se as atividades celulolíticas dos fungos aeróbios isolados do fluido ruminal e relataram que os gêneros de *Aspergillus* foram os mais frequentes em gado leiteiro alimentado com forragens tropicais. Foram ainda identificados os gêneros *Gliocladium*, *Paecilomyces*, *Rhizophus* e *Scedosporium* no rúmen de vacas leiteiras (CATON et al., 1993; CASTILLO et al., 2014).

## **5.2. Pesquisa bibliográfica integrativa - Efeitos da adição de DFM à dieta de ruminantes**

Na determinada pesquisa bibliográfica, foram estabelecidos critérios para ruminantes do tipo bovinos, que constituem a principal categoria desses animais dentro do contexto

produtivo e econômico brasileiro. É possível perceber que o uso de DFM pode ser aplicado à bovinos em diferentes estágios de vida ou sexo, desde bezerros recém-nascidos, vacas em lactação, novilhos, e adultos machos e fêmeas (Tabela 1). Também é possível identificar estudos que englobam diferentes raças de rebanho bovino, incluindo principalmente raças como Jersey, Holandês e Nelores. Com relação à alimentação, nota-se a utilização de DFM em dietas com diferentes tipos de carboidratos fibrosos, sendo ofertados na forma de pastagens ou silagens, dentre várias espécies como capim-marandu, tifton, silagens a base de milho, cana-de-açúcar e fenos.

**Tabela 1:** Efeitos da adição de DFM à dieta de ruminantes.

<b>Micro-organismos em DFM<sup>1</sup></b>	<b>Animal (raça, idade ou sexo)</b>	<b>Conteúdo fibroso da dieta</b>	<b>Benefícios</b>	<b>Referências</b>
<i>Aspergillus</i> sp. p.	Machos mestiços x Nelores	<i>Urochloa decumbens</i> (capim-marandu)	Grande potencial celulolítico com alimentos de alta lignificação, elevada resistência aos ácidos do rúmen	(ABRAO et al., 2018)
<i>Lactobacillus Buchneri</i>	Vacas em lactação	Silagem de cana-de-açúcar	Maior valor de ingestão celulose, hemicelulose e lignina /dia	(QUEIROZ, 2021)
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	Bovinos machos Holandese e Bubalinos machos Murrah	Silagem de milho (50%)	Potencialização da produção de acetato/propionato e aumento na eficiência alimentar	(ZEOULA et al., 2011)
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	Vacas Holandesas	Silagem de milho (74%)	A suplementação no pós-parto aumentou o teor de gordura no leite	(SOUZA, 2007)
<i>Lactobacillus plantarum</i> e <i>Lactobacillus brevis</i> .	Bezerros Holandese	<i>Pennisetum purpureum</i> (capim-elefante) (70%)	Alteração na população de bactérias ruminais e aumento na produção de propionato	(BAKOWSKI et al., 2021)
<i>S. cerevisiae</i> , <i>B. subtilis</i> , <i>E. faecium</i> , <i>E. lactis</i> , <i>L. casei</i> , <i>Aspergillus</i>	Bezerros Angus	Silagem de milho (79,7%)	Melhoria do estado energético dos animais e da eficiência alimentar, otimização da saúde intestinal e	(ADEYEMI et al., 2019)

<i>oryzae</i> e <i>A. niger</i>			aumento na concentração de metabólitos anti-inflamatórios	
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	Vacas Holandesas	Silagem de milho	Maior digestibilidade da matéria seca, produção de ácidos graxos de cadeia curta e potencial para modificar positivamente o ambiente ruminal	(LUZ, 2018)
<i>L. acidophilus</i> , <i>E. faecium</i> , <i>B. thermophilum</i> e <i>B. longum</i> .	Bezerros Nelores	Alimentação a pasto ( <i>Panicum maximum</i> )	Aumento linear de peso	(SCHUTZ NETO et al., 2013)
<i>S. cerevisiae</i> <i>Pediococcus acidilactici</i>	Bezerros Holandeses	Feno de Azevém ( <i>Lolium multiflorum</i> ) (20% do concentrado)	Diminuição do escore fecal durante o período de aleitamento, melhor conversão alimentar e ganho de peso (maior peso vivo na 2ª semana de vida)	(THALER NETO et al., 2014)
<i>Bacillus subtilis</i>	Vacas Holandesas	Silagem de milho, Feno de tifton	Maior produção do leite	(SOUZA, 2011)
<i>E. faecium</i> , <i>L. acidophilus</i> , <i>L. casei</i> e <i>L. plantarum</i>	Novilhas Nelores	Silagem de milho (35%)	Melhor conversão alimentar e ganho de peso médio diário	(MOREIRA et al., 2019)
<i>B. cereus</i> , <i>E. faecium</i> , <i>L. acidophilus</i> , <i>R. amylophilum</i> , <i>R. succinogenes</i> e <i>S. dextrinosolvens</i>	Bezerros mestiços (Holandês x Jersey)	Feno de capim coast-cross <i>ad libitum</i>	Menor perda de peso	(BITTAR et al., 2016)
<i>L. acidophilus</i> , <i>E. faecium</i> , <i>B. thermophilum</i> e <i>B. longum</i>	Bezerros Nelores	Pastagem ( <i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu)	Ganho de peso vivo eficiente no período de 0 a 30 dias de suplementação	(ALMEIDA et al., 2013)
<i>Bacillus licheniformis</i> e <i>B. subtilis</i>	Bezerros Holandeses	Sucedâneo+ Ração BezerraAg	Maior ganho de peso e eficiência alimentar	(TORREZANA et al., 2016)

Milk Agroceres				
<i>R. amylophilum</i> , <i>R. succinogenes</i> , <i>S. dextrinosolvens</i> , <i>B. cereus</i> , <i>L. acidophilus</i> , <i>E. faecium</i> e <i>S. cerevisiae</i>	Vacas Holandesas	Silagem de milho, silagem de sorgo e silagem de tifton	Atuação positiva sobre o sistema imunológico, alteração do comportamento alimentar e manutenção do pH ruminal	(BELLO, 2014)
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	Novilhas mestiças (Holandês x Zebu)	Feno de tifton	Favoreceu o crescimento e atuação das bactérias fibrolíticas	(GOMIDE, 2012)

Atualmente, existem diversas formas de uso de DFM, as quais podem ser classificadas em três tipos principais: bacteriana, fúngica (leveduras e fungos filamentosos) ou a combinação de ambos. Esta pesquisa demonstra grande variedade de micro-organismos empregados, das três categorias anteriormente mencionadas, incluindo vários estudos com DFM combinados.

De acordo com o observado, entre as leveduras utilizadas como DFM, podemos destacar a espécie *Saccharomyces cerevisiae*, que está presente tanto com inoculo único, como também associado à bactérias e fungos filamentosos. De acordo com Nagpal e colaboradores (2015), culturas de *Saccharomyces cerevisiae* destacam-se entre as mais utilizadas como DFM. Embora estejam naturalmente presentes no rúmen, a temperatura do ambiente ruminal em torno de 25°C não favorece seu crescimento ótimo, necessitando que estas sejam continuamente introduzidas no rúmen com a dieta (OLIVEIRA et al., 2010).

Neste estudo, entre os benefícios do uso de *S. cerevisiae* como DFM destaca-se sua atuação direta sobre a melhor digestibilidade ao favorecer o crescimento de bactérias fibrolíticas. Além disso, esses micro-organismos estiveram associados à melhor saúde animal, com atuação sobre sistema imunológico e resposta anti-inflamatória. Sobre o desempenho animal, vale destacar benefícios importantes, como ganho de peso e maior produção de leite.

De acordo com Hornbuckle (2017), as culturas de leveduras são utilizadas na alimentação animal a décadas, e podem auxiliar na digestibilidade dos ruminantes principalmente pela redução da concentração residual de oxigênio do ambiente ruminal,

otimizando as condições de anaerobiose para as bactérias celulotíticas. Adicionalmente, as leveduras fornecem fatores de crescimento, como malato e vitaminas, estimulam o crescimento de bactérias que utilizam lactato e auxiliam na estabilização do pH do rúmen, prevenindo o risco de acidose (HORNBUCKLE, 2017).

Embora vários autores tenham investigado a eficácia da inclusão de leveduras na dieta de ruminantes por décadas, ainda existem muitas lacunas de pesquisa que precisam ser preenchidas. Muitas das publicações sobre leveduras relatam resultados inconsistentes e seu mecanismo de ação não é totalmente compreendido.

DFM a base de fungos filamentosos também tem sido alvo de estudos para a digestão das partículas fibrosas, e resultados promissores demonstram que esses micro-organismos parecem contribuir efetivamente na hidrólise de biomassa vegetal devido à penetração das hifas ou rizoides nos tecidos das plantas (MOREIRA, 2019). Estes fungos parecem iniciar o processo de digestão fibra vegetal, o que os tornam fundamentais para a eficiência de utilização de alimentos fibrosos, contribuindo para a produção em ruminantes (MATTHEWS et al., 2019). Ademais, a ampla gama de enzimas fibrolíticas fúngicas que contribuem para a fermentação ruminal também potencializam a ingestão de matéria seca, o aumento do peso corporal, a produção de leite e toda produtividade animal em geral (WANG, 2002).

Os estudos recentes desta pesquisa evidenciam o gênero *Aspergillus* spp entre os fungos que compõe DFM. Embora seja um micro-organismo natural já isolado na microbiota ruminal, *Aspergillus* spp. tem sido bastante utilizado como DFM em dietas bovinas. No estudo de Abrao e colaboradores (2018), *Aspergillus* spp. foi utilizado como inoculo único em machos mestiços Nelores alimentados com capim-marandu (*Urochloa decumbens*) e demonstrou grande potencial celulolítico em dieta com alto teor de lignificação, além da alta resistência aos ácidos produzidos no ambiente ruminal.

No estudo de Adeyemi e colaboradores (2019), cepas de *Aspergillus oryzae* e *Aspergillus niger* foram utilizadas como DFM juntamente com leveduras, além de bactérias entéricas e lácticas, em novilhos mestiços Angus recém-desmamados (7 dias pós-desmame;  $210 \pm 12$  kg de PV;  $180 \pm 17$  d de idade) alimentados com silagem de milho. Neste estudo ficou evidente benefícios como: melhoria do estado energético dos animais, aumento da eficiência alimentar e otimização da saúde intestinal pelo aumento da concentração de metabólitos de proteção contra inflamação.

De acordo com Wlodarski (2017), o extrato fúngico *Aspergillus oryzae* é o mais utilizado, porém difere das culturas de leveduras por conter menores quantidades de células viáveis. O efeito de fungos do gênero *Aspergillus* deve-se, em parte, à presença de enzimas polissacaridasas (celulases e xilanases) nos extratos, as quais podem beneficiar a degradação da parede celular. Há indicações de que este fungo pode facilitar a aderência de bactérias celulolíticas à fibra, por meio da atração quimiostática provocada pela liberação de açúcares solúveis ou por alteração da superfície da fibra. Adicionalmente, é possível que o extrato de *A. oryzae* aumente a taxa de degradação da fibra por meio do estímulo aos fungos ruminais, contribuindo para um maior desempenho animal.

O uso de DFM a base de bactérias na alimentação animal propõe efeitos simbióticos extremamente eficazes, incluindo a prevenção de distúrbios no trato gastrointestinal, maior eficácia na utilização de nutrientes e conversão alimentar, demonstrando também uma maior produção animal em geral (OLIVEIRA et al., 2005).

De acordo com Souza (2007), entre as bactérias mais utilizadas em DFM relacionadas a efeitos benéficos na microbiota ruminal, podemos destacar gêneros como *Lactobacillus*, *Enterococcus* e *Propionibacterium* (SOUZA, 2007). Nesta busca bibliográfica, podemos destacar os gêneros *Lactobacillus*, *Bacillus*, *Enterococcus* e *Bifidobacterium*, sendo amplamente empregadas juntamente com leveduras e fungos filamentosos. Os gêneros *Bacillus* e *Enterococcus* também foram empregados sem a adição de outros tipos de micro-organismos.

Entre os benefícios da adição de bactérias como DFM, podemos destacar principalmente o maior ganho de peso em bezerros, novilhos e animais adultos. Vale ressaltar os maiores valores para ingestão de fibras, maior produção de leite e otimização da saúde do animal pela atuação positiva sobre o sistema imunológico e produção de metabólitos anti-inflamatórios. De acordo com Chen e colaboradores (2013) (CHEN et al., 2017), espécies de *Lactobacillus* tem sido amplamente utilizadas como DFM na indústria de gado leiteiro para melhorar a saúde intestinal, a eficiência da conversão alimentar e a produção de leite.

Outra espécie bastante utilizada é a *Enterococcus faecium* com grande capacidade em DFM por produzir pequenos peptídeos denominados bacteriocinas com função inibitória de outras bactérias conhecidamente patogênicas, incluindo *Salmonella enterica* e *Cryptosporidium parvum*, espécies importantes na causa de diarreias em bezerros (OLIVEIRA et al., 2005). É importante considerar ainda que *E. faecium* possui grande

capacidade de competição por sítios de ligação, tornando-os capazes de se ligar às paredes do intestino dos ruminante, reduzindo a capacidade de crescimento e proliferação das demais bactérias patogênicas (OLIVEIRA et al., 2005).

Por fim, vale ressaltar que o modo de ação do DFM depende não somente das cepas empregadas, mas também de muitos fatores, incluindo dosagens, tempos e frequências de alimentação (ELGHANDOUR et al., 2015). Sendo assim, estudos que busquem a otimização desses fatores ainda são escassos e tornam-se essenciais para instituição de protocolos e garantia de benefícios do emprego de DFM.

### 3. CONCLUSÃO

Nesta pesquisa é possível observar que embora os ruminantes possuam uma poderosa e eficiente microbiota ruminal que os permitem alimentar e usufruir da energia de fibras vegetais, muitas vezes faz-se necessário o uso de DFM para maior aproveitamento de nutrientes e maximização do desempenho em bovinos. Desta forma, podemos destacar que:

- Os ruminantes desenvolveram evolutivamente um importante ecossistema ruminal, com diferentes tipos de micro-organismos atuantes sobre a digestibilidade, sendo essenciais à digestão das partículas recalcitrantes da fibra vegetal. Neste ecossistema incluem-se bactérias, arqueas, leveduras, fungos filamentosos e protozoários, que atuam na produção e secreção de importantes complexos enzimáticos não produzidos pelo animal hospedeiro.
- Dentre os micro-organismos mais usados como DFM e com respostas satisfatórias para digestibilidade e desempenho animal podemos citar os fungos *Aspergillus spp.*, leveduras *Saccharomyces cerevisiae* e bactérias *Lactobacillus* e *Enterococcus faecium*;
- A presente pesquisa demonstra inúmeros resultados satisfatórios para o uso de diversos micro-organismos como DFM na alimentação dos bovinos com diferentes tipos de dieta, idade, sexo e raça. Entre os benefícios conseguidos pelo uso de DFM, destacam-se: i) favorecimento da saúde intestinal a partir da inibição do crescimento de patógenos, produção de compostos anti-inflamatórios e otimização do sistema imonológico; ii) maior potencial fibrolítico, pela manutenção do pH ruminal e favorecimento de micro-organismos celulolíticos; iii) ganho nutritivo, pela maior síntese de proteína

microbiana e ácidos graxos voláteis; e iv) maximização do desempenho animal, pela maior produção de leite e com elevado percentual de gordura, e o maior ganho de peso.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Mais estudos são necessários para concluir quanto à eficácia de outros tipos de organismos que também tem sido utilizados como DFM, além da suplementação adicional com enzimas, feitas diretamente ao alimento ofertado. O manejo sanitário e e da dieta são pontos que devem ser levados em consideração para que haja um maior potencial de resultados positivos com o uso de DFM, permitindo estabelecer protocolos que levem à obtenção do maior retorno econômico.

A maior limitação com a utilização do uso de DFM na atualidade é a questão da viabilidade econômica, pois o uso desses micro-organismos podem onerar o investimento inicial. Porém, sabe-se que a longo prazo, tal investimento, quando atribuído ao bom manejo, está associado ao melhor custo-benefício e com bons retornos ao produtor de bovinos.

#### REFERÊNCIAS

ABRAO, F.O. *et al.* Inocuidade micotoxicológica e viabilidade de *Aspergillus* spp. com potencial probiótico provenientes do trato digestório bovino. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte , v. 70, n. 6, p. 1833-1839, Dez. 2018.

ADEYEMI, J.A. *et al.* Effects of a blend of *Saccharomyces cerevisiae* based direct-fed microbial and fermentation products in the diet of newly weaned beef steers: growth performance, whole-blood immune gene expression, serum biochemistry, and plasma metabolome. **Journal Of Animal Science**, Oxford University Press, v. 97, p. 1-30, 30 Out. 2019.

ALMEIDA, L. E. S. *et al.* Utilização de probióticos sobre o ganho de peso em bovinos da raça nelore. **Unoeste**, [S. l.], v. 9, p. 1-16, 18 Jul. 2013.

ARCHERI, J. L. R. Extrusão. Ageitec, **Embrapa**, p. 1, 17 Jun. 2014.

BAKOWSKI, M. *et al.* Probiotic microorganisms and herbs in ruminant nutrition as natural modulators of health and production efficiency. **Sciend**, Annal Of Animal Science, ano 2020, v. 21, n. 1, p. 1-28, 28 Jan. 2021.

BELLO, A. H. C. P. Suplementação de vacas leiteiras com bactérias e leveduras. **UFMG**, [S. l.], p. 1-38, 11 Jun. 2014.

BERCHIELLI, T. T; PIRES, A. V; OLIVEIRA, S.G. *et al.*, Nutrição de ruminantes. *In*: Anatomia e fisiologia do trato gastrointestinal. 2 . ed. [S. l.]: **Funep**, 2011. ISBN 978-85-7805-068-9.

BETTENCOURT, E. The livestock roles in the wellbeing of rural communities of Timor-Leste. **SciELO**, [S. l.], ano 2015, v. 53, n. 1, p. 63-80, 5 Mar. 2015.

CASTILLO, G.A.R.; BURROLA, B. M. E; DOMÍNGUEZ, V. J.; MARTÍNEZ, A. C. *et al.*, Rumen microorganisms and fermentation. Microorganismos y fermentación ruminal. **Archivos de Medicina Veterinaria**. 46, 349-361 (2014).

CHAUDHRY, A. S. Sistemas de produção animal baseados em forragem e sustentabilidade, uma palestra convidada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 37, n. spe, p. 78-84, Jun de 2008.

CHEN, L. *et al.* Effect of *Lactobacillus acidophilus* supplementation for improving in vitro rumen fermentation characteristics of cereal straws. **Italian Journal of Animal Science**, [S. l.], p. 1-10, 14 Jun. 2017.

CIPAV. Digestive Physiology of Ruminants, [S. l.], p. 1-3, 4 Jan. 2011.

CLAUSS, M.; HUMMEL, J. *et al.*, Adaptações fisiológicas de ruminantes e sua relevância potencial para sistemas de produção. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 46, n. 7, pág. 606-613, Jul. 2017.

ELGHANDOUR, M.M., *et al.*, Direct-fed microbes: A tool for improving the utilization of low quality rough in ruminants ages. **Journal of integrative Agriculture**, [S. l.], p. 1-8, 14 Mar. 2015.

GALLO, A. “Review on Mycotoxin Issues in Ruminants: Occurrence in Forages, Effects of Mycotoxin Ingestion on Health Status and Animal Performance and Practical Strategies to Counteract Their Negative Effects.” **Toxins** vol. 7,8 3057-111. 12 Ago. 2015.

GOMIDE, D. R. Resposta digestiva de bovinos a doses de levedura autolisada. **Ciência Veterinária**, UFLA, p. 1-59, 4 Abr. 2012.

HORNBUCKLE, W. E. *et al.* Gastrointestinal Function. **Veterian key**, [S. l.], p. 1-24, 15 Jul. 2017.

KHAN, R. U.; NAZ, S.; DHAMA, K.; Karthik K.; TIWARI, R.; ABDELRAHMAN, M.; ALHIDARY, I.; ZAHOOR A. *et al.*, ResearchGate. *In*: Direct fed microbial: Beneficial Applications, modes of action and prospects as a safe tool for enhancing ruminant

production and safeguarding health. **International Journal of Pharmacology**: [s. n.], 2016. ISBN 18117775.

MACEDO JUNIOR, G. L.; ZANINE, A. M.; BORGES I.; PÉREZ, J. R. O. et al., **Ciência Animal**. Qualidade da fibra para a dieta de ruminantes, UFV, p. 7-17, 23 Jun. 2007.

MATTHEWS, C. *et al.* The rumen microbiome: a crucial consideration when optimising milk and meat production and nitrogen utilisation efficiency. **Taylor e Francis**, [S. l.], p. 1-18, 3 Ago. 2019.

MEDEIROS, S. R.; MARINO, C. T. et al., *Nutrição Animal*. In: Carbohidratos na nutrição de gado de corte. 1011216. ed. **Embrapa**: [s. n.], 2015. v. 1, p. 47-62.

MOREIRA, G. M. *et al.* Desempenho e eficiência alimentar de bovinos de corte alimentados com dieta de nível alto energético recebendo a tecnologia do consórcio probiótico. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, **SciELO**. v. 20, 12 Ago. 2019.

MONTEMAYOR, A. H.; GASCA, G. T; KAWAS, J. et al., Modificação da fermentação ruminal de proteínas e carboidratos por meio de torragem e estimativa da síntese de proteínas microbianas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 38, n. spe, p. 277-291, Jul. 2009.

OLIVEIRA, J. S. *et al.* Uso de aditivos na nutrição de ruminantes (Additive use in the nutrition of ruminants). **Redvet**, [s. l.], v. VI, ed. 11, p. 1-24, 11 Nov. 2005.

PASSARETI FILHO, J. Arquitetura da parede celular. **Research**, [S. l.], p. 1, 1 Jul. 2009.

QUEIROZ, O. C. M. Associação de aditivos microbianos na ensilagem e o desempenho de vacas em lactação recebendo silagem de cana-de-açúcar comparada a volumosos tradicionais. **Universidade de São Paulo**, p. 1-100, 12 Maio 2006.

RABELO, M.M.A. Avaliação do efeito do bagaço de cana-de-açúcar in natura obtido por dois métodos sobre o desempenho e o comportamento ingestivo de bovinos de corte. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**. Belo Horizonte, v. 60, n. 3, p. 698-704, Jun. 2008.

RIBEIRO, K. D. K. F. "Digestão dos Ruminantes"; **Brasil Escola**.

RODE L. M. Enzymes as Direct-Feed Additives for Ruminants. Em: Renaville R., Burny A. (eds) *Biotechnology in Animal Husbandry*. **Focus on Biotechnology**, vol 5. Springer, Dez. 2001.

SCHUTZ NETO, C. *et al.* Efeitos da suplementação com probióticos em relação a suplementação com mistura mineral no ganho de peso de garrotes nelore a pastejo extensivo de *Panicum maximum*. **Revista científica eletrônica de medicina veterinária**, [s. l.], ano XI, n. 20, p. 1-16, 17 Jan. 2013.

SOUZA, R. C. Aditivos microbianos de inclusão direta em dietas de vacas leiteiras: parâmetros da fermentação ruminal, produção e composição do leite. *Produção Animal*, **UFMG**, p. 1-75, 5 Fev. 2007.

SOUZA, V. L. Desempenho e utilização de nutrientes por vacas leiteiras suplementas com *Bacillus Subtilis*. **Programa de pós graduação em ciências veterinárias**, [s. l.], p. 1-64, 15 Dez. 2011.

THALER NETO, A. *et al.* Desempenho de bezerras da raça holandesa suplementados com probióticos a base de *Saccharomyces cerevisiae*, cepa Ka500 e *Pediococcus Acidilactici*. **Archives of Veterinary Science**, Biblioteca digital de periódicos, p. 10-16, 17 Jul. 2014.

WANG, Y.; MCALLISTER, T. A. et al., Rumen Microbes, Enzymes and Feed Digestion-A Review, (**Asian Australasian Journal of Animal Sciences** 2002. Vol. 15, No.11, pág. 1659-1676).

WLODARSKI, L. Veterinária Organización España: Revista eletrônica. Microbiota ruminal: diversidade, importância e caracterização, **REDVET - Revista Eletrônica de Veterinária**, v. 18, n. ISSN 1695-7504, ed. 11, p. 1-20, 11 Nov. 2017.

ZEOULA, L. M. *et al.* Levedura ou monensina na dieta de bovinos e bubalinos sobre a fermentação ruminal e eficiência microbiana., **Scielo**, 21 Jul. 2011.