

**Teor e composição de lipídeos como ferramenta de gestão na nutrição de bovinos**  
**Lipid content and composition as a management tool for cattle nutrition**  
**Contenido de lípidos y composición como herramienta de gestión para la nutrición del ganado vacuno**

Recebido: 28/04/2020 | Revisado: 02/05/2020 | Aceito: 07/05/2020 | Publicado: 14/05/2020

**Graciele Araújo de Oliveira Caetano**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6653-9533>

Faculdade de Jussara, Brasil

E-mail: [gra.zootecnia@hotmail.com](mailto:gra.zootecnia@hotmail.com)

**Angela Aparecida da Fonseca**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2203-604X>

Universidade Federal de Goiás, Brasil

E-mail: [angelaapfonseca@hotmail.com](mailto:angelaapfonseca@hotmail.com)

**Cibelle Borges Figueiredo**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4884-1832>

Universidade Federal de Goiás, Brasil

E-mail: [zoo\\_belle@hotmail.com](mailto:zoo_belle@hotmail.com)

**Resumo**

Um fator diferencial na produção de bovinos é a compreensão da contribuição individual dos ácidos graxos e do papel dos lipídeos nos ruminantes, tanto na forma de análise (ácido graxo ou extrato etéreo), conceitos relacionados às características de ômega 3, ômega 6 e ácido linoleico conjugado na bio-hidrogenação, no metabolismo pós-absorção, bem como no conteúdo e composição dos ácidos graxos em relação à matéria seca dos alimentos. Sabe-se que diversos fatores podem afetar o teor, digestibilidade e degradabilidade das fibras presente na forragem, e o mesmo ocorre com os lipídeos. As diferenças entre os valores dos compostos presentes nos lipídeos podem ocorrer dependendo do ambiente, região do país ou fase de colheita e por isso, torna-se importante obter a análise da composição de ácidos graxos dos alimentos lipídicos, para que dessa maneira seja possível otimizar a utilização deste nutriente

na dieta de animais ruminantes. Sendo assim, a proposta dessa revisão será trazer a discussão sobre o tema e abordar um entendimento sobre o conteúdo e composição de ácidos graxos dos ingredientes que compõem a dieta dos animais ruminantes, com ênfase na influência exercida no desempenho produtivo, imunonutrição, e no produto final (carne ou leite).

**Palavras-chave:** Ruminantes; Ácidos graxos; Degradação de lipídeos.

### **Abstract**

A differential factor in cattle production is the understanding of the individual contribution of fatty acids and the role of lipids in ruminants, both in the form of analysis (fatty acid or ether extract), concepts related to the characteristics of omega 3, omega 6 and linoleic acid conjugated in bio-hydrogenation, post-absorption metabolism, as well as in the content and composition of fatty acids in relation to the dry matter of foods. It is known that several factors can affect the content, digestibility and degradability of the fibers present in the forage, and the same occurs with lipids. The differences between the values of the compounds present in the lipids can occur depending on the environment, region of the country or harvest stage and for this reason, it is important to obtain an analysis of the composition of fatty acids in lipidic foods, so that in this way it is possible to optimize the use of this nutrient in the diet of ruminant animals. Therefore, the purpose of this review will be to bring up the discussion on the topic and address an understanding of the content and composition of fatty acids in the ingredients that make up the diet of ruminant animals, with emphasis on the influence on productive performance, immunonutrition, and on the product final (meat or milk).

**Keywords:** Ruminants; Fatty acids; Degradation of lipids.

### **Resumen**

Un factor diferencial en la producción de ganado es la comprensión de la contribución individual de los ácidos grasos y el papel de los lípidos en los rumiantes, tanto en forma de análisis (ácido graso o extracto de éter), conceptos relacionados con las características de omega 3, omega 6 y ácido linoleico. conjugado en biohidrogenación, metabolismo posterior a la absorción, así como en el contenido y composición de ácidos grasos en relación con la materia seca de los alimentos. Se sabe que varios factores pueden afectar el contenido, la digestibilidad y la degradabilidad de las fibras presentes en el forraje, y lo mismo ocurre con los lípidos. Las diferencias entre los valores de los compuestos presentes en los lípidos pueden ocurrir dependiendo del medio ambiente, la región del país o la etapa de cosecha y, por esta razón, es importante obtener un análisis de la composición de los ácidos grasos en los

alimentos lipídicos, de esta manera es posible optimizar El uso de este nutriente en la dieta de los rumiantes. Por lo tanto, el propósito de esta revisión será plantear la discusión sobre el tema y abordar la comprensión del contenido y la composición de los ácidos grasos en los ingredientes que conforman la dieta de los rumiantes, con énfasis en la influencia en el rendimiento productivo, la inmunonutrición y el producto. final (carne o leche).

**Palabras clave:** Rumiantes; Ácidos grasos; Degradación de los lípidos.

## 1. Introdução

No Brasil, a produção de bovinos a pasto torna-se um ato desafiador, em função das condições edafoclimáticas, principalmente durante o período de escassez de alimento, onde ocorre menor oferta de forragem em quantidade e qualidade (Souza, 2017). Sendo assim, torna necessário a adoção de técnicas que visem solucionar, ou pelo menos amenizar, à falta do atendimento das necessidades nutricionais desses animais.

Neste contexto, a suplementação energética utilizando lipídeos, pode ser uma alternativa, e por esse motivo justifica-se o estudo da digestão e absorção de lipídeos em animais ruminantes. A suplementação lipídica aumenta a densidade energética por unidade de matéria seca consumida, promove aumento no consumo de energia, evita excesso de fermentação de carboidratos não fibrosos, e desta forma, previne possíveis transtornos metabólicos que poderiam comprometer a saúde e o desempenho produtivo dos animais (Grummer, Mashek & Hayirli, 2004).

Os lipídeos são encontrados principalmente nas folhas e nas sementes dos vegetais. O tipo varia, desde fosfolipídeos e galactolipídeos encontrados nas folhas das plantas, a triglicerídeos localizados como substância de reserva nas sementes. Além destes, ainda são encontrados nas plantas e fazem parte do extrato etéreo, as ceras, carotenoides, clorofila, algumas vitaminas e outras substâncias solúveis em éter (Lehninger, 1995; Salman et al, 2010).

Naturalmente, as dietas de bovinos contêm lipídeos ricos em ácidos graxos insaturados (AGI), salientando que as forragens e as sementes oleaginosas têm altas proporções de polinsaturados, particularmente ácido linolénico e ácido linoléico, que são considerados ácidos graxos essenciais (Millen et al., 2016).

No que se refere ao teor de lipídeos em dieta exclusiva de forragens, o porcentual desse nutriente será baixo, na ordem de 1 a 4%. Enquanto que, na oferta de uma dieta a base

de grãos, esse valor passa para 5 a 6% (Van Soest, 1994), e nesse caso os lipídeos passam a desempenhar um papel energético importante para o animal. Além de ser fonte energética as fontes de ácidos graxos ou lipídeos também podem agir na modulação da função imune e melhor resposta inflamatória (Greco et al., 2015).

O fornecimento de ácido graxo na dieta de vacas em transição, torna-se alternativa para melhorar o estado metabólico, em decorrência do aumento da densidade energética (Grummer, Mashek & Hayirli, 2004), modulação da função imune e melhor resposta inflamatória (Greco et al., 2015), o que pode beneficiar a produção e a qualidade do colostro.

A contribuição individual dos ácidos graxos, especialmente do ácido linoléico conjugado (CLA) na saúde humana, tem sido objeto de estudo. O CLA tem demonstrado efeitos anticarcinogênicos, com aumento da resposta imune, redução dos depósitos lipídicos corporais, e ainda, efeito antidiabético (Fuke et al., 2014). Essas características desejáveis podem ser obtidas através do balanceamento nutricional da dieta dos animais ruminantes, o que resultará em aumento nos níveis de CLA no produto final, visando benefícios a saúde do consumidor (Oliveira et al., 2008).

Portanto, a compreensão da contribuição individual dos ácidos graxos e do papel dos lipídios até conceitos ligados as características do ômega 3 ( $\omega$ -3), ômega 6 ( $\omega$ -6) e do ácido linoleico conjugado (CLA) na bio-hidrogenação, no metabolismo pós-absortivo, no teor e composição dos ácidos graxos em relação à matéria seca dos alimentos, torna-se fundamental para otimizar o fornecimento de fontes de lipídeos na alimentação dos ruminantes.

Sendo assim, objetiva-se discutir e analisar informações sobre o teor e a composição de ácidos graxos, além dos fatores que influenciam seu teor na matéria seca de alguns alimentos utilizados na dieta de bovinos, destacando a importância da análise desse nutriente, dadas as contribuições individuais e o efeito direto na produção e imunonutrição dos bovinos.

## **2. Lipídeos**

Os lipídeos são compostos biológicos que apesar das diferenças entre si, apresentam características comuns, como a baixa solubilidade em água e outros solventes polares, e alta solubilidade em solventes apolares. São popularmente conhecidos como gorduras e suas propriedades físicas estão relacionadas com a natureza hidrófoba das suas estruturas. Na verdade, toda a relevância do metabolismo lipídico advém desta característica hidrófoba das moléculas, que não é uma desvantagem biológica. Por serem insolúveis, os lipídios são fundamentais para estabelecer uma interface entre o meio intracelular e o extracelular,

hidrófilos (Lehninger, 1995).

Consideram-se basicamente seis itens na nutrição animal, que são água, proteínas, carboidratos, minerais, vitaminas e lipídeos. Dessas seis, a água é a mais crítica, pois a sua ausência causa perda de funções e até a morte; porém a classe mais incompreendida é a dos lipídeos (Kozloski, 2017), e isso se dá por duas razões: a primeira é que muitos acreditam que os lipídeos apenas fornecem energia; e a segunda, é que acreditam que todos ácidos graxos são iguais e que não existem contribuições individuais (Jenkins, 2012).

## 2.1 Nomenclatura básica dos lipídeos

Existem muitas maneiras de classificar os lipídeos e uma das mais fáceis é dividi-los entre aqueles que não possuem base de glicerol (um açúcar de 3 carbonos) e aqueles que possuem base de glicerol (Andrigueto, 2002).

Os que não possuem base de glicerol são as ceras. As ceras são muito importantes para as plantas para evitar a perda de água, e os n-alcanos, um dos componentes das ceras pode ser usado para estimar a digestibilidade e consumo dos alimentos por ruminantes (Lana, 2007).

Na dieta dos animais ruminantes, os lipídeos se apresentam na forma esterificada como mono e digalactoglicerídeos em forragens e como triglicerídeos em alimentos concentrados (Oliveira et al., 2004). São classificados em monoglicerídeos (MG) os que apresentam uma base de glicerol, um ácido graxo e duas hidroxilas; diglicerídeos (DG) composto por uma base de glicerol, dois ácidos graxos e uma hidroxila; e por fim triglicerídeos (TG) os que apresentam uma base de glicerol e três ácidos graxos. Não existem muitos mono e diglicerídeos nos alimentos, mas sabe-se que eles são intermediários da digestão. Os triglicerídeos são muito importantes, já que é a primeira forma lipídica encontrada nos grãos, como óleos de milho ou soja e seus subprodutos (Lehninger, 1995).

No caso dos lipídeos compostos, são encontrados os fosfolipídeos e os glicolipídeos. Quando um fosfato está substituindo um dos ácidos graxos, o lipídeo é chamado de fosfolipídeo. Os fosfolipídeos não se encontram em grandes quantidades nos alimentos, mas eles são encontrados em grande quantidade nas bactérias do rúmen. Já os glicolipídeos possuem glicerol, ácido graxo e um açúcar; e são relevantes por serem os lipídeos encontrados nas forragens, alimento fundamental aos animais ruminantes. Os glicolipídeos possuem estrutura similar aos triglicerídeos exceto pelo fato que um dos seus ácidos graxos é substituído por um açúcar, comumente a galactose (Jenkins, 2012).

O ponto de fusão de um lipídeo determina seu estado físico (sólido ou líquido) na temperatura ambiente; é influenciado pelo grau de saturação e pelo tamanho de sua cadeia carbônica. Os lipídeos das plantas normalmente contêm de 70 a 80% de ácidos graxos insaturados e eles tendem a permanecer no estado líquido em temperatura ambiente (óleos). Porém, as gorduras de animais contêm de 40 a 50% de ácidos graxos saturados e comumente se encontram em estado sólido (Kozloski, 2017).

O grau de insaturação tem um efeito marcante na digestão de lipídeos pelo animal e, no caso de ruminantes, isso interfere na fermentação de carboidratos fibrosos no rúmen (Wattiaux & Grummer, 2006).

Algumas informações sobre o fornecimento de lipídeos na nutrição animal, já são consolidadas há muitos anos. Características como ponto de fusão e grau de insaturação são relevantes. No entanto, torna-se imprescindível conhecer não somente aspectos superficiais, mas realizar uma análise completa em função do teor e composição dos ácidos graxos dos alimentos, e assim entender sua contribuição na saúde e desempenho animal. Por essas razões, no próximo tópico será apresentada a importância dos diferentes tipos de análise de lipídeos para a alimentação dos ruminantes.

## 2.2 Análises

As análises da classe lipídica dos alimentos são realizadas através de solventes orgânicos. Outras classes de nutrientes não são solúveis pelos mesmos solventes. O procedimento é lavar a amostra com esse solvente, como o éter, para remover a fração lipídica do alimento; essa fração é denominada Extrato Etéreo. Na remoção do Extrato Etéreo, os lipídeos que não possuem base de glicerol também são removidos (esses lipídeos possuem pouco ou nenhum valor aos animais), além remover outros nutrientes, como água, vitaminas e pigmentos (Kozloski, 2017; Jenkins, 2012).

Em seu trabalho, Peres et al (2011), confirmam que na determinação de lipídeos, os resultados obtidos podem indicar valores não condizentes com a real quantidade deles, pois algumas vezes os lipídeos estão associados a ácidos graxos livres, esteróis, fosfatídeos, vitaminas A e D e outros pigmentos que não foram extraídos pelo solvente durante o processo.

A fração realmente importante aos ruminantes são os lipídeos formados por glicerol e ácidos graxos, que fornecem alta energia, e conseqüentemente efeitos no desempenho produtivo e reprodutivo. Os diferentes alimentos fornecidos aos animais apresentam variações

em sua composição lipídica, o qual pode influenciar na resposta produtiva dos animais (Costa et al., 2009). Na Tabela 1 podem ser verificados três ingredientes comuns e seus respectivos teores em relação às análises de Extrato Etéreo e Ácidos Graxos.

**Tabela 1.** Comparação entre teor de Extrato Etéreo e Ácido Graxos em três alimentos.

<b>ALIMENTOS</b>	<b>Extrato Etéreo (%)</b>	<b>Ácidos Graxos (%)</b>
Alfafa	3.50	2.28
Milho grão	4.23	4.03
Milho silagem	3.19	2.21

Fonte: Adaptado de CNCPS/CPM-Dairy in Jenkins (2012).

Os dados apresentados mostram que os teores de ácidos graxos são consideravelmente menores que o extrato etéreo, o qual se apresenta mais elevado por conter outros componentes além dos ácidos graxos.

Sendo assim, a caracterização do valor nutritivo dos alimentos através das análises químicas se torna de grande relevância, pois, com esse conhecimento é possível ajustar de forma adequada os nutrientes, e especialmente da energia da dieta dos animais ruminante de acordo com sua exigência nutricional.

### **2.3 Ácidos Graxos**

Se os ácidos graxos (AG) são a porção mais importante aos animais, faz-se necessário conhecer como são classificados, além da diferença entre eles.

Os AG são ácidos carboxílicos normalmente formados por 22 átomos de carbono. As principais características que os diferenciam são o comprimento da cadeia, a insaturação, a geometria da insaturação, a ramificação, o fator chave para denominar a essencialidade e as duplas ligações adjacentes sem ligação metilênica (Palmquist & Mattos, 2011).

O maior desafio é conhecer todos os nomes dentre os milhares de AG existentes. Com o objetivo de facilitar esse processo, eles podem ser divididos de acordo com o número de carbonos na cadeia, o número de duplas ligações e a posição das duplas ligações. Quanto ao número de carbonos são classificados como de cadeia curta, média ou longa. Os ácidos graxos insaturados são aqueles que possuem uma ou mais duplas ligações e são mono ou poli-insaturados. Se o ácido graxo possuir somente uma dupla ligação é chamado monoinsaturado, e os que apresentam mais de uma dupla ligação entre carbonos se denominam ácidos poli-

insaturados (Jenkins, 2012).

O mesmo autor relata que é possível diferenciar os ácidos graxos em função da posição das duplas ligações, que poderão ser denominados como alfa ou ômega. É denominado como alfa quando se inicia próximo ao ácido da cadeia, e ômega quando se refere ao outro fim da cadeia. Cabe ressaltar que o sistema de nomenclatura ômega é o mais popular, em função desse fato, nesse estudo será eleito para abordagem.

Todos os vertebrados precisam de ácidos graxos para sua sobrevivência e desempenho adequado de seu metabolismo. Alguns ácidos graxos não são sintetizados pelo organismo e, portanto, devem ser fornecidos através da dieta, eles são o ácido linoléico (18:2  $\omega$ -6) e o ácido linolênico (18:3  $\omega$ -3). Os AG araquidônico e eicosapentaenoico são sintetizados a partir do ácido linoléico e linolênico, respectivamente, por meio de dessaturação, alongamento da cadeia e nova dessaturação (Palmquist & Mattos, 2011).

Alguns grupos de AG são considerados essenciais para os mamíferos, porque suas células são incapazes de sintetizá-los. A essencialidade dos AG foi primeiramente descrita por Burr e Burr em artigos publicados no final dos anos 1920 ao início dos anos 1930 (Santos et al. 2013). Os autores identificaram o ácido linoléico (C18: 2  $\omega$ 6) e ácido linolênico (C18: 3  $\omega$ 3) como dois ácidos graxos essenciais para o crescimento, a saúde estrutural de tecidos, e reprodução em cobaias e ratos. Desde então, os investigadores demonstraram a importância de AG poli-insaturados como precursores de moléculas de mediador lipídico, tais como prostaglandinas, prostaciclina, tromboxanos, entre outros, que a função celular influencia. Os AG poli-insaturados são incorporados em fosfolípidos das membranas celulares, que influenciam as propriedades estruturais e funcionais das células.

Em bovinos, um grande impedimento para a absorção de ácidos graxos poli-insaturados (AGPI) no intestino é bio-hidrogenação ruminal. Na verdade, bio-hidrogenação no rúmen de  $\omega$ -3 e  $\omega$ -6 é extensa; mais de 80% de AGPI a partir da dieta são modificados pela microflora ruminal e, portanto, não estarão disponíveis para absorção no intestino delgado. Apesar de extensa bio-hidrogenação, alimentando animais com quantidades crescentes de  $\omega$ -6 e  $\omega$ -3 altera a composição da carne e influencia a função celular e desempenho animal (Doreau & Ferlay, 1994).

Os ácidos graxos poli-insaturados  $\omega$ -6 e  $\omega$ -3 parecem ter efeitos mais notáveis sobre o desempenho animal; no entanto, não é completamente claro se estes efeitos são mediados apenas por estes AG ou outros intermediários potenciais produzidos durante bio-hidrogenação no rúmen. Na dieta de vacas leiteiras com o fornecimento de óleo de canola, se torna rica em ácido oleico (18:1  $\omega$ -9), enquanto que, o fornecimento de milho, soja, semente de algodão,

além de algumas flores e subprodutos de grãos (Tabela 2), o ácido graxo predominante é o ácido linoleico, já o ácido linolênico é mais encontrado em semente de linhaça e seus subprodutos, além de algumas espécies de forragens (Jenkins, 2012).

**Tabela 2.** Teor e composição de ácidos graxos de rações em relação à matéria seca.

<b>RAÇÃO</b>	<b>%AG, MS</b>	<b>16:0</b>	<b>18:0</b>	<b>18:1</b>	<b>18:2</b>	<b>18:3</b>
Cevada	1.6	27.6	1.5	20.5	43.3	4.3
Milho	3.2	16.3	2.6	30.9	47.8	2.3
Alfafa	1.4	28.5	3.8	6.5	18.4	39.0
Azevém	4-7	11.9	1.0	2.2	14.6	68.2
Semente de algodão	18.6	25.3	2.8	17.1	53.2	0.1

Fonte: Adaptado de Palmquist, 1988.

A alfafa apresenta 1,4% da matéria seca de ácidos graxos, o milho 3,2% e a semente de algodão 18,6%. Já a composição de AG, o qual refere-se à proporção relativa individual de cada ácido graxo, a Alfafa apresenta baixo valor para ácido linoleico em relação às demais, porém, o componente de maior representatividade é ácido linolênico representando 39% do total dos ácidos graxos.

Com relação à semente de algodão, por ser uma semente oleaginosa apresenta maior teor de AG, nesse caso 18,6% da matéria seca. Já no que se refere à composição, apresenta uma alta proporção de ácido linoleico (53,2%), e um valor muito baixo de ácido linolênico (0,1%).

Em seu estudo, Khan et al (2015) avaliaram o teor de ácidos graxos e composição das forragens comumente encontrados na alimentação de gado leiteiro nos trópicos. Doze espécies forrageiras foram avaliadas, sendo que, cada uma delas foi cultivada em quatro parcelas, em condições agronômicas convencionais, colhidas mais cedo, na época normal e em estágios tardios de maturidade. O resultado do estudo mostrou que a composição química, a digestibilidade da matéria seca e conteúdo dos ácidos graxos variaram entre espécies forrageiras e período de colheita.

Os autores, também observaram que, o ácido linolênico (C18: 3  $\omega$ -3), ácido palmítico (C16: 0) e ácido linoleico (C18: 2  $\omega$ -6) foram predominantes com um teor médio de 8.65, 3.61 e 2.38 g/kg de matéria seca respectivamente. Entre os ácidos graxos, o C18: 3  $\omega$ -3 apresentou maior variação de 4.26 a 17.43 g/ kg de MS na primeira colheita. O teor de C16: 0,

C18: 2  $\omega$ -6 e C18: 3  $\omega$ -3 diminuiu de acordo com a maturidade, sendo que a maior queda foi observada em C18: 3  $\omega$ -3. Portanto, este estudo destaca que a gestão da colheita é uma ferramenta importante para manipular o teor e a composição dos ácidos graxos nas espécies forrageiras, dada a relevância da contribuição individual desses componentes.

Segundo Jenkins (2012), o teor de ácidos graxos (AG) é, obviamente, muito maior nos suplementos de gordura que na forragem, porém a composição desse último não pode ser ignorada. Por exemplo, a semente de algodão possui um teor de 17-19% de AG em comparação a forragens, silagem de milho e milho grão. Sendo assim, para fornecer a mesma quantidade de AG, é necessário um maior volume de forragem, ou de milho em relação à semente de algodão. Porém, é importante considerar a composição dos ácidos graxos da dieta, pois, embora o teor de ácidos graxos das forragens seja menor, esse alimento pode fornecer uma fonte saudável de lipídeos entrando através da dieta todos os dias. Dentro deste contexto, o autor ressalta que é importante considerar as contribuições de AG de todas as fontes, especialmente os AG insaturados pelas suas características individuais já conhecidas.

Levando em consideração que a maioria do gado produzido no Brasil é criado em regime de pasto, e que mesmo aqueles animais confinados necessitam da fração volumosa na dieta, cabe destacar que os valores da composição de ácidos graxos de forragens encontrados nos livros, e das principais commodities; muitas vezes diferem dos valores reais encontrados em laboratório.

Sabe-se que diversos fatores podem afetar o teor, a digestibilidade e degradabilidade das frações fibrosas presentes nas forragens, e fenômeno semelhante ocorrem para os lipídeos. Por exemplo, na silagem de milho onde se encontra basicamente o óleo de milho, este apresenta em sua composição ácido graxos (AG) relativamente constante, mas o teor de AG pode variar consideravelmente. Algumas vezes, o conteúdo de AG na silagem de milho é o dobro ou mais, do menor para o maior valor. Isso pode ter um grande impacto sobre a quantidade de lipídeos sendo consumido pelo animal e ser um grande fator na tentativa de diagnosticar problemas, como depressão da gordura do leite (Putrino, 2006).

As diferenças entre os valores desses componentes podem ocorrer dependendo do ambiente, região do país ou estágio de colheita, por isso é tão importante como para as fibras, obter a análise da composição dos AG dos alimentos.

### **3. Efeitos da Suplementação Lipídica sobre Resposta Produtiva e Imunonutrição em Bovinos**

Uma das premissas para o fornecimento de lipídios para bovinos é o conteúdo calórico mais denso, em relação a outros ingredientes alimentares. Outro fato que merece destaque se deve a redução na concentração de amônia no rúmen, aumento da eficiência da fermentação ruminal e inibição da produção de metano (Valadares Filho & Pina, 2011; Valente et al., 2017), visto que, ao suplementar os animais com fontes lipídicas, tanto os ácidos graxos insaturados (AGI), como o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) competem pelo destino do hidrogênio, reduzindo a produção de metano, além disso, os lipídios insaturados inibem as bactérias gram-positivas, metanogênicas e protozoários, e estimulam as produtoras de propionato, que leva à diminuição da razão acetato:propionato, à semelhança dos ionóforos. Entretanto, para que estes benefícios sejam alcançados, estes devem resistir à biohidrogenação ruminal e serem absorvidos no intestino delgado como foram fornecidos na dieta.

O fornecimento de gordura pode influenciar o consumo e, quando reduzido, ele pode contrabalançar qualquer benefício para a ingestão calórica. A influência dos lipídios sobre os microrganismos ruminais ocorre quando os ácidos graxos voláteis (AGV) formam sais insolúveis e uma barreira física na ração, denominada de “biofilme”, dificultando a colonização microbiana e reduzindo dessa forma o consumo de matéria seca (Jenkins, 1993).

Dentro deste contexto, recomenda-se que os bovinos sejam alimentados com quantidades moderadas de ácidos graxos (AG), com o objetivo de aumentar o desempenho, melhorar perfil de AG na carne e no leite, ou visando a imunonutrição dos animais, mas sem afetar a fermentação ruminal. No Brasil o valor máximo recomendado de lipídios nas dietas é de 6,6% (Pinto & Millen, 2016), devido ao consumo ser geralmente comprometido em altas temperaturas (Palmquist & Matos, 2011). Acima destes valores, a digestão da fibra no rúmen pode reduzir e levar à menor disponibilidade de energia. Portanto, é fundamental considerar a fonte lipídica e o seu nível de inclusão na dieta para minimizar os efeitos sobre os microrganismos e a fermentação ruminal (Jenkins, 1993).

A maioria dos lipídios fornecidos aos animais está na forma de triacilgliceróis em produtos vegetais e animais, na forma livre como AG ou AG saponificados (Ca) em suplementos de gordura processados. Os lipídios protegidos tornam-se alternativa, visto que, é pouco dissociado e não prejudica a atividade dos microrganismos ruminais, sendo dissolvido e absorvido no intestino delgado (Aferri et al., 2005). Ao contrário dos óleos, os lipídios protegidos podem ser misturados facilmente na ração e o seu armazenamento torna-se

acessível pois contém 90% de MS (Pacheco et al., 2016). Esta opção tem sido bastante utilizada na suplementação de animais ruminantes com o objetivo de melhorar a qualidade da carne e o desempenho animal (Palmquist & Mattos, 2011).

Carvalho et al. (2017) ao avaliarem a composição de ácidos graxos da carne e gordura subcutânea em novilhos Nelore suplementados com diferentes fontes lipídicas (óleo de palma (PO), óleo de linhaça, gordura protegida no rúmen (óleo de soja), soja integral e controle), observaram que a suplementação com PO aumentou as concentrações de ácido láurico e ácido mirístico no músculo e gordura subcutânea. Os animais suplementados com óleo de linhaça apresentaram concentrações significativamente maiores de ácido linolênico conjugado (CLA) na carne e gordura do que os animais controle. Os autores concluíram que a inclusão de PO e ácidos graxos protegidos derivados do óleo de soja não é recomendada como método para melhorar o perfil lipídico da carne e gordura subcutânea em bovinos Nelore.

Ao analisarem os efeitos da adição de fontes de lipídeos: (CONTR) sem fonte adicional de lipídeo, (GDESP) com fonte de lipídeo natural (torta de algodão) e (GPROT) com fonte de lipídeo protegido rico em ácidos graxos poli-insaturados na dieta de bovinos Nelore confinados, sobre características da carne, e perfil de ácidos graxos da gordura do músculo Longissimus dorsi, Barducci et al. (2016), observaram efeito dos tratamentos para o perfil de ácidos graxos, com diminuição do C14:1, C16:1 e C17:1 e aumento do ácido transvaccênico, C18:2, ácidos graxos poli-insaturados (AGPI) e da relação AGPI: AGMI (ácidos graxos monoinsaturados) para os tratamentos GPROT e GDESP. Os autores concluíram que adição de lipídios na dieta, independentemente da fonte, promove melhoria na composição de ácidos graxos da carne, aumentando a quantidade de ácidos graxos insaturados sem alterar as características qualitativas da carne.

Carvalho et al. 2017 ao avaliarem características da carcaça e qualidade da carne em novilhos Nelore suplementados com diferentes fontes lipídicas (óleo de palma (PO), óleo de linhaça, gordura protegida no rúmen (óleo de soja), soja integral e controle), observaram que o ganho médio diário, porcentagem de rendimentos, características da carcaça ou os atributos físicos da carne não foram influenciadas pelas fontes lipídicas. Segundo os autores esse fato pode estar relacionado ao número mínimo de piquetes repetidos (2) por tratamento. Assim, diferenças que podem ter significado prático não foram evidenciadas pela análise estatística.

A bio-hidrogenação no líquido ruminal (FR) prossegue em graus variados, dependendo do tempo de retenção (TR) e do tipo de dieta basal, especialmente o perfil de ácido graxo (AG) sendo hidrogenado. Costa et al. (2017), ao examinarem o perfil de AG e TR em novilhos alimentados com feno tropical, com baixa proteína bruta, suplementados com

diferentes fontes lipídicas (controle, coco, semente de algodão e soja, e óleo de peixe), constaram que o RT diminuiu com a adição de óleo de soja (14 h), mas não houve diferenças entre outros tratamentos (média de 17 h).

Os autores supracitados observaram que o óleo de coco aumentou os ácidos láurico e mirístico no FR, e de forma geral não houve alterações no perfil de AG total saturada no FR, com exceção de uma menor concentração no tratamento com óleo de peixe. A adição de óleo de peixe também reduziu a concentração dos ácidos esteárico e linolênico no FR, mas não houve diferenças comparadas aos tratamentos com coco e algodão para o ácido linolênico. O óleo de peixe resultou em maior teor de AG de cadeia longa, AG linoléico e AG total insaturado, mas não houve diferença se comparados ao óleo de soja para os dois últimos ácidos. O ácido linoléico conjugado (CLA) foi diferente apenas no FR entre os tratamentos com semente de algodão e óleo de peixe. O autor conclui que as diferenças no perfil de AG dos óleos foram apenas parcialmente traduzidas no perfil de AG no FR de novilhos alimentados com feno tropical, com baixa proteína bruta, sem grandes alterações na proporção de isômeros de CLA observados.

Ao avaliarem diferentes fontes de ácidos graxos na dieta de vacas leiteiras alimentadas desde o período seco até 96 dias pós-parto, Greco et al (2010), observaram que a produção de leite aumentou em vacas alimentadas com a dieta EFA e ao mesmo tempo a eficiência alimentar aumentou.

Os mesmos autores também observaram que vacas suplementadas no período de transição com lipídeos, especialmente quando a dieta possui baixo teor de AG essenciais e o suplemento contém AG insaturados, melhora o desempenho na lactação. Esse experimento foi repetido, mas avaliado somente o período pós-parto, e foram encontradas respostas similares. O autor concluiu que é possível manipular o desempenho na lactação alterando a suplementação de AG na dieta.

Silvestre et al (2011) ao avaliarem os efeitos da suplementação de sais de Ca (CS) de óleo de palma (PO) ou óleo de cártamo (SO), dos 30 dias pré-parto até 35 dias pós-parto (DPP), e CS de PO ou óleo de peixe (FO) dos 35 aos 160 dias pós parto (DPP) na alimentação de vacas holandesas sobre as proteínas da fase aguda no plasma, composição e função de AG nos neutrófilos, observaram que as concentrações plasmáticas de haptoglobina e fibrinogênio foram maiores para vacas alimentadas com SO comparado com PO.

Os autores também observaram que a porcentagem de neutrófilos com atividade fagocítica e oxidativa não foi afetada pelas dietas de transição, mas as atividades por neutrófilos foram maiores em SO em comparação às dietas PO, 4 DPP (fagocitose e explosão

oxidativa) e 7 DPP (explosão oxidativa). A produção de neutrófilos de TNF- $\alpha$  e IL-1 $\beta$  foi aumentada em 35 DPP em SO em comparação com dietas de PO, mas a produção de TNF- $\alpha$  foi atenuada em FO em comparação com PO a 85 DPP. A proporção de neutrófilos de n-6: n-3 FA foram superiores aos 35 DPP na dieta SO e menores aos 85 DPP na FO em comparação com dietas PO. Portanto, os autores concluíram que os CS de SO, rico em ácido linoleico, pode diminuir o limiar de desencadeamento de uma resposta imunitária, (criando um estado pró-inflamatório) que altera a imunidade inata (isto é, resposta de fase aguda e função dos neutrófilos).

Os ácidos graxos da família  $\omega$ -3 são pensados para atenuar medida da resposta inflamatória, e estes efeitos foram observados em lactação de vacas leiteiras (*Ibid* et al, 2011). Tem sido proposto que a redução da secreção de prostaglandina uterina pode ser um potencial mecanismo pelo qual alguns AG melhorar a fertilidade em bovinos de leite (Mattos et al, 2004).

Greco et al (2015) ao avaliarem os efeitos da alteração da relação entre os ácidos graxos  $\omega$ -6 e  $\omega$ -3 (mistura de sais de Ca de óleo de peixe, de cártamo, e de palma em três diferentes proporções 3.9, 4.9, ou 5.9 partes de  $\omega$ -6 para uma parte de  $\omega$ -3 correspondendo ao R4, R5 e R6, respectivamente) na dieta e a ingestão desses ácidos graxos por vacas leiteiras em lactação no desempenho e nas respostas inflamatórias da fase aguda a um desafio com lipopolissacarídeo (LPS), observaram que ao reduzir a proporção de  $\omega$ -6 para  $\omega$ -3 de R6 a R4 aumentou o consumo de matéria seca (24.7, 24.6, e 26.1  $\pm$  0,5 kg/ d para R6, R5 e R4, respectivamente), com aumentos simultâneos de 3,5% de rendimento de leite com teor de gordura corrigido (43.4, 45.4, e 48.0  $\pm$  0,8 kg/ d), gordura do leite (1.53, 1.60, e 1.71  $\pm$  0,03 kg/ d), proteína verdadeira do leite (1.24, 1.28, e 1.32  $\pm$  0,02 kg/ d), e lactose no leite (2.12, 2.19, e 2.29  $\pm$  0,04 kg/ d).

Os mesmos autores também constataram que após o desafio de LPS, as concentrações plasmáticas de IL-6 aumentaram à medida que a proporção de  $\omega$ -6 para  $\omega$ -3 aumentou (112.5, 353.4, e 365.1  $\pm$  86,6 pg/ ml para R4, R5, e R6, respectivamente). As elevações de temperatura corporal e contagem de células somáticas foram maiores para vacas alimentadas R5 em comparação com aqueles alimentados com R4 ou R6 (41.3, 40.8, e 40.8  $\pm$  0,2°C; 4.33, 3.68, e 3.58  $\pm$  0.25  $\times$  10<sup>6</sup>/ mL, para R5, R4, e R6, respectivamente). A concentração de haptoglobina foi maior no período de 24 horas após o desafio de LPS para vacas alimentadas com R6. As atividades de fagocitose e oxidação por neutrófilos coletadas na circulação não foram afetadas pela dieta dos tratamentos nas primeiras 48 horas após a infusão intramamária. Sendo assim, os autores concluíram que fornecerem a mesma quantidade de AG na dieta de

vacas leiteiras no início da lactação, mas alterando a proporção entre AG poliinsaturados  $\omega$ -6 para  $\omega$ -3, influenciam o desempenho da lactação e as respostas inflamatórias a um desafio com LPS.

Ao avaliarem fontes de AG  $\omega$ 3 (semente de linhaça) e  $\omega$ 6 (grão de soja cru integral; e sais de cálcio de ácidos graxos insaturados) sobre a função imune de vacas leiteiras em transição Gandra et al. (2016), constataram que os leucócitos positivos para fagocitose foram maiores para a fonte de  $\omega$ 3 em relação as fontes de  $\omega$ 6 em ambos os períodos pré parto e pós-parto. A fonte de  $\omega$ 3 apresentou maior quantidade de monócitos positivos para fagocitose no pré parto em relação ao  $\omega$ 6. Já os neutrófilos positivos para fagocitose, apresentou melhor resultado com  $\omega$ 3 em relação ao  $\omega$ 6, tanto no pré como no pós parto. Sendo assim, a fonte de  $\omega$ 3 demonstrou melhor resultado em relação à capacidade fagocítica e atividade dos leucócitos quando comparado com o  $\omega$ 6.

Mohammadi, Babaei, Shahneh & Adeljo (2014), ao avaliarem o efeito da suplementação dietética de linhaça extrusada sobre a produção e a composição do colostro, e parâmetros sanguíneos de bezerros da raça Holandesa, constataram maior produção de colostro no tratamento com linhaça em relação ao tratamento controle.

Diversos experimentos citados por Santos (2013) abordam que a alimentação de vacas leiteiras no período de transição a partir de dietas com diferentes perfis de AG apresenta efeitos na fertilidade. Pesquisadores observaram um aumento de 2,2 vezes as probabilidades de prenhez no início da lactação em vacas alimentadas com 0,5 kg /d de gordura. Da mesma forma, vacas em pastagem suplementadas com 0,35 kg de AG tinham maior índice de prenhez após o primeiro pós-parto que os grupos controles que não foram suplementados.

Trabalhos utilizando fontes de  $\omega$ 3 e  $\omega$ 6 sobre desempenho produtivo, concentrações de AG na carne e leite, bem como sobre a imunonutrição são limitados. Portanto, mais pesquisas são necessárias, para confirmação dos benefícios dessas fontes de PUFA como estratégia alimentar para minimizar os desafios metabólicos e imunológicos enfrentado por bovinos, principalmente vacas leiteiras em transição, os quais podem refletir em melhor desempenho dos mesmos e, consequentemente em produtos de qualidade ofertado a mesa do consumidor.

#### **4. Considerações Finais**

Nos últimos anos a preocupação com a qualidade da alimentação por parte dos consumidores de proteína animal, tanto do ponto de vista nutricional como nutracêutica tem aumentado. Nesse sentido, estudos vêm sendo desenvolvidos visando não somente o

desempenho produtivo dos animais, mas a qualidade do produto final (carne e leite) ofertado ao consumidor. Pesquisas recentes têm concentrado esforços na busca por produtos de origem animal ricos em ácido linoléico conjugado (CLA), através da manipulação nutricional da dieta dos animais.

A suplementação lipídica aos animais ruminantes, dependendo da sua fonte, pode interferir na digestibilidade da matéria seca da dieta, em função de alterações na fermentação ruminal, o qual irá refletir no balanço energético (positivo ou negativo), e desta forma influenciar na resposta produtiva, bem como na imunonutrição e qualidade do produto final. Portanto, torna-se fundamental analisar corretamente as fontes lipídicas utilizadas na formulação de dietas de animais ruminantes, para que os resultados almejados sejam alcançados.

## Referências

- Aferri, G., Leme, P., Silva, S.L., Putrino, S.M. & Pereira, A. (2005). Desempenho e características de carcaça de novilhos alimentados com dietas contendo diferentes fontes de lipídios. *R. Bras. Zootec.*, 34(5): 1651-1658.
- Andrigueto, J.M., Perly, L., Minardi, I. (2002). *Nutrição animal*. Paraná: Nobel. v.1. 395p.
- Barducci, R.S., Franzól, M.C.S., Sarti, L.M.N., Millen, D.D., Putarov, T.C., Perdigão, A., Martins, C.L. & Arrigoni, M.D.B. (2016). Perfil de ácidos graxos e características da carne de bovinos Nelore confinados com diferentes fontes lipídicas protegidas. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, 68(1): 233-242.
- Carvalho, I.P.C., Fiorentini, G., Lage, J.F., Messana, J.D., Canesin, R.C., Rossi, L.G., Reis, R.A., Berchielli, T.T. (2017). Fatty acid profile, carcass traits and meat quality of Nelore steers following supplementation with various lipid sources. *Anim. Prod. Sci.*, 57(6), A-I.
- Costa, D.F.A., Quigley, S.P., Isherwood, P., McLennan, S.R., Sun, X.Q., Gibbs, S.J., Poppi, D.P. (2017). The inclusion of low quantities of lipids in the diet of ruminants fed low quality forages has little effect on rumen function. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 234: 20–28.

Costa, R.G., Queiroga, R.C.R.E., Pereira, R.A.G. (2009). Influência do alimento na produção e qualidade do leite de cabra. *R. Bras. Zootec.*, 38: 307-321 (supl. especial).

Doreau, M., Ferlay, A. (1994). Digestion and utilization of fatty-acids by ruminants. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 45(3-4): 379-396.

Fuke, G., Novack, M.M.E., Cauduro, L., Nornberg, J.L. Eficácia do ácido linoléico conjugado (CLA) na saúde humana. (2014). *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental – REGET*.

Gandra, J.R., Barletta, R.V., Mingoti, R.D., Verdurico, L.C., Freitas, J.E., Oliveira, L.J., Renno, F.P. (2016). Effects of whole flaxseed, raw soybeans, and calcium salts of fatty acids on measures of cellular immune function of transition dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 99(6), 4590-4606.

Greco, L.F., Garcia, M., Favoreto, M.G., Marsola, R.S., Martins, L.T., Bisinotto, R.S., Ribeiro, E.S., Lima, F.S., Thatcher, W.W., Staples, C.C., Santos, J.E.P. (2010). Fatty acid supplementation to periparturient dairy cows fed diets containing low basal concentrations of fatty acids. *J. Dairy Sci.* 93 (E-Suppl. 1): 448 (Abstr.).

Greco, L.F., Neves Neto, J.T., Pedrico, A., Ferrazza, R.A., Lima, F.S., Bisinotto, R.S., Martinez, N., Garcia, M., Ribeiro, E.S., Gomes, G.C., Shin, J.H., Ballou, M.A., Thatcher, W.W., Staples, C.R., Santos, J.E.P. (2015). Effects of altering the ratio of dietary n-6 to n-3 fatty acids on performance and inflammatory responses to a lipopolysaccharide challenge in lactating Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 98:602–617.

Grummer, R.R., Mashek, D.G.; Hayirli, A. (2004). Dry matter intake and energy balance in the transition period. *Vet. Clin. North. Am. Food. Anim. Pract.*, 20(3):447-70.

Jenkins, T.C. (1993). Symposium: advances in ruminant lipid metabolism: Lipid metabolism in the rumen. *J. Dairy Sci.*, 76:3851-3863.

Jenkins, T.C. (2012). Rumen transformation of lipids. Webinar The Fatty Acid Forum in Virtus Nutrition.

Khan, N.A., Farooq, M.W., Ali, M., Suleman, M., Ahmad, M.N., Sulaiman, S.M., Cone, J.W., Hendriks, W.H. (2015). Effect of species and harvest maturity on the fatty acids profile of tropical forages. *J. Anim. Plant. Sci.*, 25(3):739-746.

Kozloski, G.V. (2017). *Bioquímica dos ruminantes*. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 3ª Ed, 290p.

Lana, R. de P. (2007). *Nutrição e alimentação animal (mitos e realidades)*. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2ª Ed, 344p.

Lehninger, A.L., Nelson, D.L., Cox, M.M. (1995). *Princípios de bioquímica*. 2.ed. São Paulo: Sarvier, 839p.

Mattos, R., Staples, C.R., Arteché, A.C.M., Wiltbank, M.C., Diaz, J.F., Jenkins, T.C., Thatcher, W.W. (2004). The effects of feeding fish oil on uterine secretion of PGF<sub>2</sub> $\alpha$ , milk composition, and metabolic status of periparturient Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 87:921-932.

Millen, D.D., Arrigoni, M.B., Pacheco, R.D.L. (2016). *Rumenology*. Springer International Publishing, Cham, Switzerland.

Mohammadi, M., Babaei, M., Shahneh, A.Z. (2014). Effect of using extruded linseed on colostrum production, composition, some blood parameters and overall health in Holstein dairy cows. *Adv. Appl. Sci. Res.* 6(2): 29-34.

Oliveira, S.G., Simas J.M.C., Santos F.A.P., Imaizumi H. (2004). Suplementação com diferentes fontes de gordura em dietas com alta e baixa inclusão de concentrado para vacas em lactação. *Ars veterinaria*, 20 (2): 160-168.

Oliveira, R.L., Ladeira, M.M., Barbosa, M.A.A.F., Assunção, D.M.P., Matsushita, M., Santos, G.T., & Oliveira, R.L. (2008). Ácido linoléico conjugado e perfil de ácidos graxos no músculo e na capa de gordura de novilhos bubalinos alimentados com diferentes fontes de lipídios. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 60(1), 169-178.

<https://dx.doi.org/10.1590/S0102-09352008000100024>

Pacheco, R., Johnson, B., Siqueira, G., Cervieri, R., Carvalho, J., Burim, M., Bastos, J. (2016). Uso de Gordura Protegida em Bovinos de Corte. 1º Simpósio de nutrição de bovinos de corte e de leite. Dracena: Unesp, 31-50.

Palmquist, D.L. Rapid method for determination of total fatty acid content and composition of feedstuffs and feces. (1988). J. Agric. Food Chem. 36, 6, 1202-1206

Palmquist, D.L., Mattos, W.R.S. (2006). Metabolismo de lipídeos. In: Nutrição de Ruminantes. 1. ed. Jaboticabal: Berchielli, T.T., Pires, A.V., Oliveira, S.G., 287-310p.

Palmquist, D.L., Jenkins, T.C. Fat in lactation rations: review. J. Dairy Sci. 63: I, 1980.

Palmquist, D.L., Mattos, W.R.S. (2011). Metabolismo de lipídeos. In: Berchielli, T.T.; Vaz, P.A.; Oliveira, S.G. Nutrição de ruminantes. 2ed. Jaboticabal: Funep, 299-344p

Peres, L.M., Borges, A.F.K., Constantino, C., Lucio, C.L., Pereira, C.S.P., Godrim, J.S., Bridi, A.M. (2011). Análise Comparativa De Metodologias De Extração De Extrato Etéreo. XX Encontro Anual de Iniciação Científica – EAIC X Encontro de Pesquisa – EPUEPG. Universidade Estadual de Londrina/Departamento de Zootecnia, PR.

Pinto, A., Millen, D. Situação atual da engorda de bovinos em confinamento e modelos nutricionais em uso. (2016). X Simpósio Internacional de Produção de Bovinos de Corte, Viçosa. DZO-UFV, 103-120p.

Putrino, S.M. Composição corporal, exigências de energia e proteína para ganho e composição de carne de novilhos Nelore alimentados com dietas com milho grão seco ou úmido contando gordura não degradável no rúmen. (2006). Tese Doutorado – Universidade de São Paulo.

Salman, A.K.D., Ferreira, A.C.D., Soares, J.P.G., Souza, J.P. Metodologias para avaliação de alimentos para ruminantes domésticos. (2010). Documentos 136, Porto Velho, RO: Embrapa Rondônia.

Santos, J.E.P., Greco, L.F., Garcia, M., Thatcher, W.W., Staples, C.R. (2013). The role of specific fatty acids on dairy cattle performance and fertility. In: Proceedings of the 24h Annual Ruminant Nutrition Symposium, Gainesville, FL, USA, 5-6:74-88.

Silvestre, F.T., Carvalho, T.S., Francisco, N., Santos, J.E.P., Staples, C.R., Jenkins, T.C., Thatcher, W.W. (2011). Effects of differential supplementation of fatty acids during the peripartum and breeding periods of Holstein cows: II. Neutrophil fatty acids and function, and acute phase proteins. J. Dairy Sci., 94:2285-2301.

Souza, E.R. (2017). A inter-relação da oferta de água, sombra no comportamento ingestivo de bovinos leiteiros em pastejo. Trabalho de conclusão de curso (graduação) - Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de Mestrado em Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável - PPGADR, Laranjeiras do Sul, PR, 66p

Valadares Filho, S.C., Pina, D.S. (2011). Fermentação ruminal. Em T.T. Berchielli, A.V. Pires, & S. G. Oliveira, Nutrição de Ruminantes, 2ª ed. Jaboticabal: FUNEP, 161-189p

Valente, A., Iribarren, D., Dufoura, J. (2017). Harmonised life-cycle global warming impact of renewable hydrogen. J. Clean. Prod., 149:762-772.

Van Soest, P.J. (1994). Nutritional ecology of the ruminant. 2.ed. Ithaca: Cornell University Press, 476p

Wattiaux, M.A., Grummer, R.R. (2006). O metabolismo de lipídeos em bovinos leiteiros. Madison: University of Wisconsin. Acesso em 5 de maio de 2020. Disponível em: <[http://www.babcock.wisc.edu/sites/default/files/de/pt/de\\_04.pt.pdf](http://www.babcock.wisc.edu/sites/default/files/de/pt/de_04.pt.pdf)>.

#### **Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito**

Graciele Araújo de Oliveira Caetano – 55%

Ângela Aparecida da Fonseca – 35%

Cibelle Borges – 10%