

UTILIZAÇÃO DE TANINOS COMO ADITIVO NUTRICIONAL NA DIETA DE RUMINANTES

Laura Valadão Vieira¹
 Ana Paula Schmidt²
 Antônio Amaral Barbosa²
 Josiane de Oliveira Feijó²
 Cássio Cassal Brauner²
 Viviane Rohrig Rabassa²
 Marcio Nunes Corrêa²
 Eduardo Schmitt²
 Francisco Augusto Burkert Del Pino²

VIEIRA, L. V.; SCHMIDT, A. P.; BARBOSA, A. A.; FEIJÓ, J. de O.; BRAUNER, C. C.; RABASSA, V. R.; CORRÊA, M. N.; SCHMITT, E.; DEL PINO, F. A. B. Utilização de taninos como aditivo nutricional na dieta de ruminantes. **Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia da UNIPAR**, Umuarama, v. 23, n. 1cont., e2306, 2020.

RESUMO: Os taninos são compostos fenólicos presentes em plantas, classificados quanto à estrutura química em compostos hidrolisáveis e condensados. Os condensados são adicionados à dieta de ruminantes devido a sua capacidade de formar complexos com proteínas tornando-as não degradáveis no ambiente ruminal. Dessa forma, aumenta o aporte proteico no intestino delgado onde ocorrerá a maior absorção na porção cranial do órgão, o duodeno. A vantagem desse mecanismo é aumentar o aproveitamento da proteína da dieta pelos animais o que influenciará na produtividade e sistema imunológico, entre outros. Os efeitos positivos com a utilização desse composto como aditivo nutricional ainda precisam ser estudados, portanto, o objetivo dessa revisão consiste em demonstrar os resultados, até então conhecidos, da utilização de taninos condensados na dieta de ruminantes.

PALAVRAS-CHAVE: Desempenho Animal. Metabolismo. Proteína. Rúmen.

USE OF TANNINS AS A NUTRITIONAL ADDITIVE FOR RUMINANTS

ABSTRACT: Tannins are phenolic compounds present in plants. According to their chemical structure, they can be classified into hydrolysable and condensed compounds. Condensed compounds are added to the ruminant nutrition due to their ability to form complexes with proteins, rendering them as non-degradable in the rumen environment. Thus, it increases the protein supply in the small intestine, where the highest absorption will occur in the duodenum, the cranial portion of the organ. The advantage of this mechanism is the increase of the use of dietary protein by the animals, which will thus influence productivity and the immune system, among others. The positive effects of the use of this compound as a nutritional additive still need to be further investigated, therefore, the purpose of this review is to demonstrate the known results of the use of condensed tannins in the diet of ruminants.

KEYWORDS: Animal Performance. Metabolism. Protein. Rumen.

USO DE TANINOS COMO ADITIVO NUTRICIONAL EN DIETA DE RUMIANTES

RESUMEN: Los taninos son compuestos fenólicos presentes en plantas, clasificados según la estructura química en compuestos hidrolizables y condensados. Los condensados se agregan a la dieta de rumiantes debido a su capacidad de formar complejos con proteínas, haciéndolas no degradables en el entorno del rumen. Así, aumenta el aporte proteico en el intestino delgado donde habrá mayor absorción en la porción craneal del órgano, el duodeno. La ventaja de ese mecanismo es aumentar el aprovechamiento de la proteína de la dieta por los animales, lo que influirá en la productividad y sistema inmunológico, entre otros. Los efectos positivos con la utilización de ese compuesto, como aditivo nutricional, todavía necesita ser estudiado, el objetivo de esa revisión consiste en demostrar los resultados, hasta ahora conocidos, del uso de taninos condensados en la dieta de rumiantes.

PALABRAS CLAVE: Rendimiento Animal. Metabolismo. Proteína. Rumen.

Introdução

Os taninos são compostos fenólicos que representam o quarto componente de maior concentração nas plantas,

portanto, configuram-se como um extrato vegetal de ampla distribuição na natureza, principalmente nas angiospermas e gimnospermas (MONTEIRO et al., 2005). Tais compostos fazem parte do metabolismo secundário das plantas, ou seja,

DOI: 10.25110/arqvet.v23i1cont.2020.8040

¹Médica Veterinária formada pela Universidade Federal de Pelotas (UFPEL), Membro do Núcleo de Pesquisa, Ensino e Extensão em Pecuária- NUPEEC (UFPEL), mestranda pelo programa de pós-graduação em Zootecnia (UFPEL), Minas Gerais. Autor para correspondência: lauravieira96@gmail.com

²Núcleo de Pesquisa, Ensino e Extensão em Pecuária- NUPEEC, Universidade Federal de Pelotas- UFPEL, Pelotas, Rio Grande do Sul, Brasil. E-mail: ana_psch@yahoo.com.br, antoniobarbosa.vet@hotmail.com, josianefeijo@gmail.com, cassiocb@gmail.com, vivianerabassa@gmail.com, marcio.nunescorreia@gmail.com, schmitt.edu@gmail.com, fabdelpino@gmail.com

não estão ligados aos processos essenciais à manutenção da vida, tais como respiração, transpiração e fotossíntese (KAMRA; AGARWAL; CHAUDHARY, 2006). Assim, sua ação está voltada aos processos de defesa contra fungos, patógenos, herbívoros e fatores climáticos indesejáveis (períodos de seca, baixa luminosidade), logo quanto maior os desafios, mais aumentam as concentrações de tanino na planta (CORDÃO; FILHO; BAKKE, 2010).

Esse extrato vegetal pode ser encontrado em folhas, galhos, cascas e lenha, sendo classificado em compostos condensados e hidrolisáveis (CIESLAK et al., 2012). Os hidrolisáveis, não são a principal categoria encontrada nas plantas, estes são constituídos de grupamentos fenóis simples e por hidrólise ácida liberam ácidos fenólicos e um açúcar (SGARBIERI, 1996). Enquanto os condensados, os mais utilizados na dieta de ruminantes, constituem-se de grupamentos fenólicos complexos o que os torna resistente a hidrólise exceto em soluções de pH ácido ou básico (ANDRADE et al., 2015; FRUTOS et al., 2004).

Os taninos por muito tempo foram conhecidos apenas por seu caráter anti nutricional, ou seja, por fatores que comprometem a digestibilidade do alimento e consequentemente o desempenho animal (FRUTOS et al., 2002). Entretanto, os efeitos citados estão associados à ingestão de grande concentração desses compostos, pois os mesmos possuem sabor adstringente, que reduz a palatabilidade, além de formarem complexos com alimentos, que prejudicam a digestibilidade ruminal (COSTA et al., 2008).

Todavia, a capacidade de formar complexos pode ser positiva, pois por reação de desidratação esses compostos associam-se com proteínas, o que traz como vantagem, a menor degradação da proteína no ambiente ruminal, devido à resistência do complexo tanino-proteína em pH neutro (PATRA; SAXENA, 2010). A formação dessa fração alimentar resistente tem sido associada com o melhor aproveitamento da dieta, refletindo-se positivamente no ganho de peso, na diminuição da emissão de metano, entre outros benefícios (MANELLA; CIDRINI, 2018). Diante disso, o objetivo dessa revisão consiste em demonstrar os resultados, até então conhecidos, da utilização de taninos condensados na dieta de ruminantes.

Desenvolvimento

Por que utilizar Taninos na dieta de Ruminantes?

Estima-se que a população mundial cresça de 7 a 9 bilhões de pessoas nos próximos 40 anos, que aumente a ocupação das zonas urbanas e dobre a renda média mensal por habitante, conforme o que já se observa gradativamente no Brasil, sudeste asiático, Oriente Médio e África (FAO, 2018; UN-DESAPT, 2017). Existe uma necessidade global para intensificar a produção de alimentos principalmente leite, carne e ovos onde se estima que a procura aumente em 30%, 60% e 80% até 2050 quando comparado com a década de 90 (HENCHION et al., 2017; MALIK et al., 2016). Os levantamentos realizados pela Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura- FAO (2018), indicam que no Brasil a necessidade por alimentos irá aumentar em 35% até 2030 e que nos próximos 40 anos será necessário que

a produção agropecuária dobre juntamente com o acréscimo em até 50% dos grãos (BOLFE, 2018).

Nesse contexto, uma maior extensão territorial deverá ser destinada para a agricultura e pecuária. O Brasil ocupa a quinta posição entre os países com maior volume de área cultivada, possui 400 milhões de hectares de terra agriculturáveis, desse volume utiliza 63 milhões, ou seja, possui mais terra cultivada do que a França (31.795.512 hectares) e a Espanha (31.786.954 hectares) juntos, e existe a possibilidade de expandir (MIRANDA, 2018). Além disso, a idade média dos produtores rurais brasileiros é de 42 anos, jovens comparados às médias americanas e alemãs, o que provavelmente se deve as políticas governamentais que incentivam a produção, tornando o setor favorável, já que representa 40% do produto interno bruto (PIB) da agricultura mundial (BOLFE, 2018; MALIK et al., 2018; MEKONNEN et al., 2019).

A produção pecuária tem se intensificado e para acompanhar esse desenvolvimento, aditivos nutricionais, entre outras tantas tecnologias foram adicionados à dieta dos animais no intuito de promover, principalmente, o crescimento tais como os antibióticos utilizados por décadas na composição das dietas de bovinos e frangos, por exemplo (HUANG et al., 2018). Entretanto, devido aos riscos de resistência bacteriana que impacta à saúde dos animais e dos seres humanos a União Europeia, em 2006, proibiu o uso de antimicrobianos como aditivos nutricionais (AROWOLO; HE, 2018).

Outros países seguiram o mesmo exemplo e, diante das preocupações mencionadas, houve um desencadeamento da busca por alternativas de suplementação natural que melhorem o desempenho animal e garantam o bem-estar (AROWOLO; HE, 2018; QIAO et al., 2018). Neste cenário, algumas alternativas passaram a ser mais estudadas e utilizadas como as leveduras, os probióticos e os extratos vegetais (KHAN et al., 2016).

Os aditivos naturais são apontados por melhorar a eficiência da ingestão de matéria seca e da conversão alimentar (ORNAGHI et al., 2020). Dentre as alternativas de suplementação estão os taninos condensados, composto que ao ser avaliado *in vivo* e *in vitro* demonstrou ser responsável por reduzir a emissão de metano, um importante gás causador do efeito estufa (HAQUE, 2018), além de apresentar atividades imunomoduladoras, antiparasitárias (HUANG et al., 2018) e possíveis reflexos positivos na produção e composição do leite (HERREMANS et al., 2020).

Devido a melhora no poder aquisitivo, o perfil dos consumidores mudou com o passar dos anos e novos hábitos alimentares foram adquiridos (BOLAND et al., 2013; ORNAGHI et al., 2020). A população dos países em desenvolvimento, por exemplo, que consumiam anteriormente produtos à base de cereais e grãos, atualmente, assim como os países desenvolvidos, são expressivos consumidores de carne, leite, ovos e peixes (BOLAND et al., 2013). Portanto, o futuro para os suplementos naturais é promissor, pois convertem-se em saúde e desempenho dos animais, além de, no caso dos taninos condensados, serem uma alternativa de suplementação proteica nos períodos de vazio forrageiro com grande potencial sustentável, visto que afeta significativamente a geração de gases prejudiciais (HAQUE, 2018).

Onde os Taninos podem ser encontrados

Os taninos estão presentes em diversas plantas forrageiras de folhas largas, onde atuam no metabolismo secundário das mesmas (ADDISU, 2016). As plantas realizam três atividades básicas que fazem parte do seu metabolismo primário essenciais para a manutenção da vida: respiração, transpiração e fotossíntese (GARCÍA; CARRIL, 2009). Por meio da respiração as plantas obtêm energia por meio de compostos orgânicos, tais como a glicose, em locais onde não é possível haver fotossíntese, tais como frutos, flores, raízes e caule (PES; ARENHARDT, 2005). A transpiração é o processo pelo qual ocorre perda de água e é realizada pelos estômatos localizado nas folhas e com grande importância para circulação de nutrientes em todas as porções do vegetal desde a raiz ao ápice, além de ainda participarem da dissipação do calor produzido em seus processos metabólicos. Já a fotossíntese ocorre principalmente nas folhas da planta e é responsável pela obtenção de energia através da luz solar (PES; ARENHARDT, 2005).

As plantas produzem uma quantidade de carbono e moléculas orgânicas que não são destinadas ao metabolismo primário e sim ao secundário. Os componentes dos processos secundários da planta estão principalmente vinculados a sua defesa contra predadores ou fatores climáticos e por esse motivo podem possuir sabor desagradável sendo indigestos ou até venenosos (GARCÍA; CARRIL, 2009). Os vegetais defendem-se dos herbívoros por muitas vias que podem ser convencionais como espinhos e pelos urticantes ou ainda

processos químicos no qual podem ser citados os taninos (MONTEIRO et al., 2005).

Os taninos são compostos fenólicos classificados como hidrolisáveis e condensados (CIESLAK et al., 2012). Os hidrolisáveis estão presentes em pequenas concentrações nas plantas, sendo encontrados em carvalhos, acácia, eucaliptos e em uma variedade de folhas de árvores, com a presença de composto fenólico variando entre 200 a 500g/kg de matéria seca (MS) (ADDISU, 2016).

Os taninos classificados como condensados recebem esse nome devido a sua estrutura química condensada, o que confere maior resistência à degradação, diferente do que ocorre com os hidrolisáveis, que são sensíveis à substâncias básicas, ácidas e esterases (ADDISU, 2016; NAUMANN et al, 2017;). Estes são os considerados importantes quando se fala em aditivo nutricional, por serem mais abundantes na natureza e estarem presentes na maioria dos alimentos ofertados para ruminantes, além de possuírem a capacidade de formarem complexos com proteínas provenientes da dieta tornando-as *by-pass*, ou seja, resistentes a degradação ruminal e disponíveis à absorção no duodeno (CORDÃO; FILHO; BAKKE, 2010; HERREMANS et al., 2020;).

A proporção de compostos tânicos é variável, o que depende da sazonalidade, idade e tipo de planta, bem como dos fatores adversos pelos quais o cultivar foi exposto (LASCANO; SCHMIDT; BARAHONA, 2001). As concentrações de taninos condensados em algumas plantas são demonstradas nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 1: Concentração de taninos condensados em diferentes plantas.

Planta	Nome científico	Tanino g/kg de MS*	Taninos Condensados
Alfafa	<i>Medicago sativa</i> L.	7,92	0,3
Angico	<i>Anadenanthera macrocarpa</i> Brenan	126,39	9
Aroeira	<i>Myracrodruon urundeuva</i> Engl.	194,19	43,5
Feijão bravo	<i>Capparis flexuosa</i> L.	25,26	1,4
Feijão guandu	<i>Cajanus cajan</i> L.	20,34	6,2
Feno de leucena	<i>Leucaena Leucocephala</i> de Vit	24,3	10
Jurema preta	<i>Mimosa tenuiflora</i> Benth	122,5	69,2

*Valores Adaptados de Nozella (2001).

Tabela 2: Concentração de taninos condensados na casca de algumas plantas.

Planta	Nome científico	Taninos Condensados %	Autor
Acacia	<i>A. Mangium</i>	9.1 a 14.2	(MAKINO; OHARA; HASHIDA, 2009)
Acacia	<i>A. Mangium</i>	13.2	(COUTO, 2011)
Eucalipto	<i>E. Astringens</i>	40-50	(SINGH, 1973)
Eucalipto	<i>E. Grandis</i>	12,89	(VITAL et al., 2004)
Pinus	<i>P. Oocarpa</i>	10-12	(MARTINEZ; MERCADET; VARGAS, 1987)
Pinus	<i>P. Caribae</i>	5.4- 8	(MARTINEZ; MERCADET; VARGAS, 1987)

Nos processos de extração de taninos podem ser quantificados os compostos hidrolisáveis e condensados, o que é vantajoso para definir a dosagem a ser administrada ao animal, visto que quantidades superiores a 12% da matéria

seca, representam redução na digestibilidade dos alimentos e retardo no desempenho dos animais (CORDÃO; FILHO; BAKKE, 2010) (Tabela 3).

Tabela 3: Doses de tanino utilizadas em diferentes estudos

Planta De extração do tanino	Espécie	Dose utilizada	Resultados encontrados	Autor
<i>Acacia mearnsii</i>	Vacas da raça holandês	80g/dia	↑ de Nul ¹ , não houve diferença na produção de leite	(ALVES et al., 2017)
<i>Acacia mearnsii</i>	Novilhos da raça holandês	15g/kg da matéria seca da dieta	↑ do fluxo duodenal de aminoácidos	(ÁVILA et al., 2015)
<i>Schinopsis spp.</i>	Bovinos	10, 20, 40 e 60g/kg da matéria seca da dieta	↓ na proporção de acetato: propionato ruminal	(DICKHOEFER; AHNERT; SUSENBETH, 2016)
<i>Schinopsis spp.</i>	Bovinos	4/kg da matéria seca da dieta	↑ valores de proteína metabolizável no duodeno. ↓ taxa de digestão da proteína	(MEZZOMO et al., 2011)
<i>Acacia mearnsii</i>	Bovinos	14,9 g/kg de matéria seca da dieta	Não houve influência sobre os parâmetros ruminais	(KRUEGER; GUTIERREZ-BAÑUELOS; CARSTENS, 2010)
<i>Acacia mearnsii</i>	Ovinos	1,6 g de extrato/kg de peso vivo	↓ no número de ovos de <i>T. colubriformes</i> nas fezes	(MINHO et al., 2010)
<i>Acacia mearnsii</i>	Ovinos	18g de Acácia negra contendo 18% de tanino condensado/animal/semana	↓ no número de ovos de <i>Trichostrongylus colubriformis</i> , <i>Haemonchus contortus</i> , <i>Oesophagostomum columbianum</i> , <i>Cooperia</i> sp., <i>Strongyloides papillosus</i> , <i>Trichuris globulosa</i> e <i>Moniezia expansa</i> nas fezes	CENCI et al., 2007

¹Nitrogênio Ureico no Leite.

Como atuam os Taninos Condensados?

Os taninos formam complexos de proteínas não degradáveis no rúmen e por isso podem ser adicionados como aditivo nutricional em concentrações baixas e moderadas na matéria seca da dieta (CORDÃO; FILHO; BAKKE, 2010). As concentrações elevadas não são indicadas, pois o excesso de proteína na dieta provoca o aumento nos níveis de excreção pelas vias urinária, fecal e no leite, ou seja, ofertas além das exigências nutricionais não se convertem em melhor aproveitamento do alimento (GRAINGER et al., 2009; KOZLOSKI; HENTZ, 2011; PATRA; SEXANA, 2010). Além disso, a maior concentração de proteína já foi associada às perdas embrionárias, inviabilidade de ovócitos e espermatozoides, devido ao aumento plasmático de amônia que reduz o pH uterino (ATTIA, 2016).

Os taninos podem ser tóxicos ou benéficos ao animal. Isso dependerá do tipo de tanino, estrutura química, espécie vegetal a qual é extraído, espécie animal, particularidade de cada indivíduo e a quantidade ingerida (CORDÃO; FILHO; BAKKE, 2010). Por esses motivos, não é possível estabelecer com exatidão até então a dose ideal a ser administrada do composto tânico, no entanto, estimam-se valores entre 60 a 120g/kg de matéria seca por animal (FRUTOS et al., 2002).

As proteínas advindas da dieta fornecem os aminoácidos essenciais, portanto, aqueles que não são metabolizados pelo organismo. Estes são utilizados, por exemplo, na manutenção das atividades reprodutivas, produção de leite e crescimento animal (WU, 2009). Os ruminantes, devido à presença de microrganismos no

rúmen, conseguem utilizar compostos não nitrogenados e nitrogenados como fonte de proteína na dieta (RIBEIRO; JUNIOR; DA SILVA, 2015). Quando essa categoria animal ingere componentes proteicos degradáveis no rúmen sofrem metabolização primeiramente pelas enzimas bacterianas e são utilizados pelas bactérias para a produção de amônia e proteína microbiana (KOZLOSKI, 2011).

Na presença de taninos forma-se o complexo tanino-proteína durante a mastigação, o que resulta em um componente resistente a hidrólise microbiana e desaminação no rúmen, onde o pH é neutro (MUI; BINH; ORSKOV, 2005), pois o composto, além de ser resistente, promove a inibição do crescimento e da atividade proteolítica da microbiota ruminal (JONES et al., 1994). No abomaso, em pH inferior a 3,5 (ácido), o complexo é rompido onde sofrerá a degradação gástrica e pancreática, posteriormente no intestino delgado, que apresenta pH 8 (alcalino) sofrerá a maior parte da absorção no duodeno (ÁVILA et al., 2015). Assim, diferente da proteína degradável no rúmen, a não degradável é prontamente disponibilizada ao animal.

Taninos Condensados e a Redução na Emissão de Metano.

A atividade pecuária é responsável pela emissão de três gases, óxido nitroso (N₂O), gás carbônico (CO₂) e metano (CH₄) (HAQUE, 2018; TAPIO et al., 2017). O CO₂, no entanto não é considerado um contribuinte para o efeito estufa, pois a maioria das plantas consumidas pelos ruminantes utiliza esse composto durante o processo de fotossíntese (HAQUE, 2018). Em contrapartida o CH₄ é 28%

mais prejudicial para o aquecimento global, do que o CO₂ (IPCC, 2014). Dos gases antropogênicos, ou seja, aqueles produzidos por atividades humanas, a pecuária é responsável por emitir globalmente 18% dos poluentes causadores do efeito estufa (MALIK et al., 2015).

A produção de CH₄ ocorre no rúmen onde existem três tipos de populações microbianas, constituídas principalmente de bactérias, seguida de protozoários e fungos. Essa câmara fermentativa possui outras particularidades, tais como, ser anaeróbica, possuir temperatura de 39 a 42°C e pH que varia entre 6,0 a 7,0. (MOMBACH et al., 2016). Para a metanogênese os principais microrganismos envolvidos são os protozoários ciliados e as *Archeobacterias*. Os protozoários estabelecem uma relação simbiótica com as bactérias metanogênicas, onde as mesmas se aderem na sua superfície celular e utiliza o hidrogênio produzido, o que garante substrato para a produção de metano e favorece um ambiente ruminal adequado ao desenvolvimento de microrganismos (PEDREIRA et al., 2005). As *Archeobacterias* dos gêneros *Methanobrevibacter*, *Metanosphaera*, *Methanimicrococcuse* e *Metanobacteria* reduzem o gás hidrogênio (H₂) e o CO₂, produzidos por bactérias, protozoários e fungos em CH₄ (MCALLISTER et al., 2015). Enquanto as dos gêneros *Methanosarcinales*, *Methanosphaera*, *Methanomassiliicoccaceae*, menos abundantes, utilizam metanol, monometilamina, dimetilamina, trimetilamina e acetato, no processo de metanogênese (ELLIS et al., 2008). Assim, embora pouco relatado, os fungos também participam desse processo, por produzirem H₂ (TAPIO et al., 2017).

A concentração de CH₄ depende do tipo de dieta ofertada aos animais, do nível de ingestão, além de características individuais como tamanho, idade e espécie (TAPIO et al., 2017). Assim, os carboidratos ao serem ingeridos são fermentados no rúmen onde serão convertidos pela microbiota em ácidos graxos de cadeia curta, principalmente ácido acético, propiônico e butírico, gerando os co-fatores NADH, NADPH e FADH que precisam passar por reações de desidrogenação para serem re-oxidados e para manterem a fermentação (PEDREIRA et al., 2005). A desidrogenação libera moléculas de hidrogênio no rúmen, que são captadas para a metanogênese, evitando o acúmulo de gás hidrogênio no ambiente ruminal o que prejudicaria a digestibilidade da fibra (MOMBACH et al., 2016). O CH₄ produzido é eliminado por eructação e respiração e, por ser um gás não digestível, sua produção representa perda energética de 2 a 12% da energia bruta consumida, que poderiam ser utilizadas para o crescimento ou produtividade animal (TAPIO et al., 2017).

Estratégias para a mitigação da liberação de CH₄ são cada vez mais estudadas devido aos impactos ambientais, pois se espera que a demanda global por produtos de origem animal aumente em 70% até 2050 (GERBER et al., 2013). Diante disso, os taninos condensados podem ser uma alternativa, já que em estudos *in vivo* e *in vitro* demonstrou-se que estes possuem ação bactericida e bacteriostática sobre os microrganismos metanogênicos (HAQUE, 2018).

A redução na metanogênese já foi descrita por muitos autores, Adejoro, Hassen e Akanmu (2019), por exemplo, ao avaliar ovinos da raça Merino suplementados com taninos provenientes da *Acacia mearnsii* observou redução nas emissões de metano e atribuiu o seu resultado ao

fato de que esse extrato vegetal é tóxico as *Archeobacteria* metanogênicas. Além disso os taninos são capazes de influenciar negativamente a proliferação de protozoários, afetando diretamente o suprimento de H₂ para a metanogênese (BHATTA et al., 2009).

Em estudos de Jayanegara et al. (2015) foi evidenciado que a atividade anti metanogênica pode ser obtida tanto com a adição de taninos hidrolisáveis quanto com condensados à dieta. Estes últimos também são capazes de formar complexos com fibras, o que impede a ação das bactérias celulolíticas e conseqüentemente reduz a formação de ácido acético, NH₃ e H₂, o que pode ser justificado pela redução na digestibilidade alimentar em até 5% já encontrada por outros autores (BROUCEK, 2018; GRAINGER et al., 2009; TIEMANN et al., 2008).

Aparentemente a formação de complexos com fibras ocorre com menor intensidade, diferente da complexação com as proteínas, assim o comprometimento na digestibilidade é pouco afetado e não interfere na nutrição dos animais (PERNA et al., 2020).

A maioria das pesquisas avalia os taninos condensados devido ao maior risco de toxicidade atribuído aos taninos hidrolisáveis (BEAUCHEMIN et al., 2008). A correlação de taninos com a menor emissão de CH₄ vem sendo estudada há vários anos. Hayler, Steingass e Drochner (1998) avaliaram o líquido ruminal de ovinos *in vitro* e evidenciaram que os taninos condensados eram capazes de reduzir a emissão de CH₄, o que também já foi confirmado em bovinos, em trabalho conduzido por Woodward et al. (2001), onde foi ofertado 2,59% de taninos condensados, provenientes de *Lotus corniculatus*, na matéria seca da dieta.

Além disso, já foi constatado que ovinos alimentados com leguminosas emitem menor concentração de CH₄ quando comparados a ovinos alimentados com gramíneas, que possuem menor concentração de taninos condensados em sua composição (MARTIN; MORGAVI; DOREAU, 2010; WAGHORN; TAVENDALE; WOODFIELD, 2002). Porém, Van Dorland et al. (2007) salientam que esse mesmo resultado não é obtido em todos os tipos de leguminosas, o que segundo Chaves et al. (2006) se deve ao estágio de desenvolvimento em que a planta é consumida, pois bovinos alimentados com leguminosas com maturidade mais avançada emitiram maior concentração de CH₄ em seu estudo, o que se deve provavelmente ao maior teor de fibras e conseqüentemente fermentação ruminal mais longa.

Outra explicação que justifica a redução na emissão de metano foi proposta por Priolo et al. (2000), que sugere que os taninos condensados reduzem a ingestão de alimentos fibrosos. Ramirez e Berry (2005) demonstraram redução em até 55% da emissão de CH₄ em bovinos que consumiam forragens ricas em taninos como, Lucerna, Sulla, Trevo vermelho, Chicória e Lótus. Enquanto Fagundes et al. (2020) encontraram diminuição em até 33% na emissão diária de metano em bovinos zebuínos suplementados com taninos condensados, comparados aos animais da dieta controle (FAGUNDES et al., 2020). Vale lembrar que nem todas as fontes de tanino são eficientes em reduzir a metanogênese, Beauchemin et al. (2007), por exemplo, não obtiveram resultados positivos nesse parâmetro com a utilização de taninos provenientes de *Schinopsis quebracho*. Apesar disso, os taninos condensados parecem ser uma boa estratégia para

reduzir as emissões de metano e contribuir com a maior sustentabilidade dos sistemas de produção.

Taninos Condensados e a Imunidade frente à parasitas nematódeos

Os taninos condensados são associados a melhora imunológica frente à infestação parasitária. Os principais parasitas que acometem os bovinos são: no abomaso *Haemonchus contortus*, *Ostertagia ostertagi* e *Trichostrongylus axei*; no intestino delgado, *Strongyloides papillosus*, *Toxocara vitolurum*, *Bunostomum phobotomum*, *Trichostrongylus colubriformis*, *Trichostrongylus longispicularis*, *Cooperia punctata*, *Nematodirus helvetianus* e *Nematodirus spathiger*; já no intestino grosso, *Oesophagostomum radiatum*, *Trichuris ovis* e *Trichuris discolor* e pulmões *Dictyocaulus viviparus* (TAYLOR, 2010). Os parasitas citados fazem parte do filo dos nematóides que se caracterizam por não se multiplicarem dentro do hospedeiro, ou seja, o grau de parasitemia depende da quantidade do parasita que o animal foi exposto e por esse motivo, normalmente as infestações costumam ser brandas, exceto quando o animal entra em contato com alta carga parasitária (TIZARD, 2014).

Os nematódeos desencadeiam uma resposta imunológica humoral mediada por linfócitos T helper 2 (Th₂) e assim atraem as imunoglobulinas E (IgE) e os eosinófilos (ABO-AZIZA et al., 2017; HENDAWY, 2018). O papel dos eosinófilos frente ao combate a esses patógenos é controverso, pois se estima que essas substâncias imunes por provocarem lesão tecidual, facilitam a colonização dos tecidos por nematódeos (CARA; NEGRÃO-CORRÊA; TEIXEIRA, 2000). Em contrapartida, já foi observado que substâncias tóxicas liberadas por eosinófilos são capazes de eliminar esses parasitas (MEEUSEN; BALIC; BOWLES, 2005; SOUZA et al. 2015).

Os nematódeos se aderem à mucosa do intestino e do trato respiratório por meio da boca, os linfócitos T do epitélio intestinal são estimulados pela presença do parasita a produzirem as citocinas interleucina-4 (IL-4) e interleucina-25 (IL-25) (HENDAWY, 2018; TIZARD, 2014). Essas citocinas ativam os Th₂ a produzirem IL-4 e interleucina-13 (IL-13) (TIZARD, 2014) e estimulam a produção de muco pelas células caliciformes e a produção de IgE, que possui um papel fundamental em controlar a carga parasitária na superfície das mucosas (HENDAWY, 2018; TIZARD, 2014).

A IgE também se liga a receptores dos mastócitos, onde estimula a degranulação, assim são liberadas substâncias vasoativas, IL-13 e interleucina-33 (IL-33), que estimulam a contração da musculatura lisa e o aumento da permeabilidade vascular (BERTACCINI et al, 2000). Por fim a IL-13 promove a expulsão do parasita pela estimulação da recuperação de células epiteliais (CLIFFE et al., 2005; KNIGHT; BROWN; PEMBERTON, 2008; TIZARD, 2014).

Sob o ponto de vista produtivo, os nematódeos representam grandes perdas econômicas, pois reduzem a produtividade animal, geram custos com profilaxia e podem provocar a morte dos hospedeiros (PRATHAK; TIWARI, 2013). Esses parasitas normalmente são controlados por quimioprofilaxia, porém a preocupação com a presença de

resíduos de anti-helmínticos nos produtos de origem animal e resistência de parasitas, fez com que outras alternativas fossem estudadas (HOSTE et al., 2006). Os taninos ao serem testados *in vivo* e *in vitro* demonstram-se um eficiente antiparasitário quanto a menor fecundidade do parasita e menor motilidade de larvas adultas (ATHANASIADOU, 2001).

Como pode ser observada, a maioria das respostas imunológicas do organismo ocorrem por ação de proteínas, sejam elas citocinas, quimiocinas ou anticorpos. Possivelmente seja esse o motivo pelo qual os taninos condensados sejam estudados frente ao combate de verminoses, já que esse extrato vegetal aumenta a absorção de proteína no intestino delgado e assim repõem a hipoproteinemia provocada pela ação parasitária (AROWOLO; HE, 2018). A ação dos taninos condensados frente a parasitas gastrointestinais depende da fonte do tanino, do tipo de parasita, estágio de desenvolvimento e volume do extrato vegetal consumido (HOSTE et al., 2006). Para obter a ação terapêutica, recomendam-se doses de 30 a 40g de tanino condensado/kg de matéria seca da dieta (HOSTE et al., 2006; MIN; HART; 2003).

A biodisponibilidade de proteínas, obtidas por meio do complexo tanino-proteína, apresenta o potencial de estimular o sistema imunológico, e melhorar as respostas na mucosa intestinal, assim aumenta a resistência contra parasitas gastrointestinais, pois aminoácidos como arginina, glutamina e cisteína ao serem absorvidos estimulam a atividade dos linfócitos B e T, macrófagos, além de contribuírem na produção de citocinas e outras substâncias citotóxicas (LI et al., 2007; MIN et al., 2004), o que já encontrado por Tzamaloukas et al. (2006), onde verificaram maior disponibilidade de mastócitos e leucócitos globulares em cordeiros parasitados que consumiam pastagens ricas em taninos.

Evidências indicam que a ação dos taninos sobre parasitas gastrointestinais pode ser explicada pela complexação com proteínas, pois a cutícula do nematóide apresenta em sua composição prolina e hidroxiprolina, que cobre o corpo, a cavidade bucal, o esôfago, cloaca e vulva desses vermes, pois quando observados por microscopia esses parasitas apresentavam lesões cuticulares após entrarem em contato com tanino (HOSTE; GAILLARD; FRILEUX, 2005; THOMPSON; GEARYTHE, 1995), o que também foi sugerido por Costa et al., (2008) que justificaram a ação anti parasitária dos taninos devido ao fato do extrato vegetal prover autólise do parasita e foi confirmado com a redução da motilidade larval e a diminuição na taxa de eclosão de ovos em animais parasitados (PAOLINI; FOURASTE; HOSTE, 2004). Molan et al. (2003), avaliaram ovos de *T.colubriformis* submetidos ao flavan-3-ols que são unidades básicas de monômeros de taninos condensados, e estes reduziram as taxas de eclosão.

Em um estudo onde foram avaliados 12 ovinos, divididas em dois grupos homogêneos em relação a sexo, peso e idade, infectados com larvas do nematódeo *H. contortus*, onde seis dos ovinos foram suplementados com a adição de taninos condensados e outros seis não foram, os animais não suplementados apresentaram maior contagem de ovos do parasita nas fezes ($p < 0,001$) (PATHAK et al., 2016), o que se deve ao fato de que esse extrato vegetal interfere no ciclo

de vida de *H. contortus*, assim como na maioria dos parasitas nematódeos, impedindo que os ovos eclodam e desenvolvam larvas até o estágio adulto (PATHAK; TIWARI, 2013).

Estudos demonstram que os taninos condensados se ligam ao intestino do *H. contortus*, onde provoca lesões, além de causar danos nas células musculares e necrose nas células germinativas do trato reprodutivo do parasita, portanto, compromete a nutrição e a reprodução, o que se deve ao fato de que a alimentação do *H. contortus* depende da contortina, um anticoagulante que impede o bloqueio do lúmen intestinal durante a refeição, algumas das classes dessa substância possui prolina, portanto, supõem-se que os taninos possam se ligar à contortina, causando um bloqueio intestinal impedindo a alimentação do verme (GELDHOF; KNOX, 2008).

Os parasitos de bovinos são menos estudados em relação aos de ovinos, porém já foi demonstrado que os taninos condensados também atuam nos nematódeos dessa espécie, no trabalho realizado por Novobilský, Mueller-Harvey e Thamsborg (2011) os parasitas *C. oncophora* e *O. ostertagi* apresentaram alterações em suas atividades de alimentação, bem como, foi comprometido o desenvolvimento de larvas L3.

Em certos casos, os taninos podem não promover a eliminação de 100% da carga parasitária, porém não deixam de comprometer o ciclo de vida do parasita, nos ovos, nas larvas infectantes e nos vermes adultos (HOSTE et al., 2015). O fato de não haver a eliminação da parasitemia, pode ser benéfico no sentido de melhorar as respostas imunes do hospedeiro, o que já foi observado em infestações pelos parasitas *Haemonchus* spp., *Trichostrongylus* spp. em pequenos ruminantes e em suínos parasitados pelo nematódeo *Ascaris suum* (HOSTE et al., 2015; WILLIAMS et al., 2014). Além disso, os taninos ao promoverem redução da produção e eclosão de ovos auxiliam na redução nas contaminações das pastagens, o que consiste em uma forma de controle parasitário (CENCI et al., 2007).

Taninos Condensados e a Produção de leite e Composição de Proteínas.

Os taninos condensados podem ser uma alternativa na dieta de ruminantes em momentos em que estes passam por restrição alimentar, tais como o período de transição e estresse térmico (BAUMGARD; ROBERT, 2013).

No período de transição, que compreende 21 dias pré-parto e 21 dias pós parto, os animais passam por uma acentuada redução no consumo alimentar ao mesmo tempo em que ocorre uma elevada demanda metabólica destinada principalmente a lactogênese (FIANCO et al., 2018). A deficiência energética faz com que reservas corporais sejam mobilizadas, motivado, entre outros, pela redução nos níveis de insulina, que é um hormônio anti lipolítico. Assim, a lipólise é desencadeada, o que é demarcado pelas concentrações de ácidos graxos de cadeia longa na circulação sanguínea e redução no peso corporal dos animais (BAUMGARD; RHOADS, 2013). A partir desses mecanismos, a glicose é preservada para a síntese do leite e produção de lactose, que contribui para o volume de leite produzido (DE KOSTER; OPSOMER, 2013). No entanto, a redução na ingestão de matéria seca, que pode chegar a 30%, compromete a síntese de

ácidos graxos de cadeia curta, propionato, acetato e butirato, que são precursores de glicose e gordura, respectivamente, logo o volume de leite produzido e a composição é afetada pelo decréscimo do consumo alimentar (PANASEVICH et al., 2017). Outra característica desse período é o comprometimento imunológico, que pode estar relacionado com a deficiência energética (NONNECKE et al., 2003)

Quanto ao estresse térmico, esse período também é demarcado pela redução na ingestão de alimentos, que da mesma forma provocam o balanço energético negativo, porém a demanda do organismo para suprir as suas necessidades se dá por uma outra via, pela mobilização de proteínas e não de lipídios, o que é demarcado pelo aumento do catabolismo muscular e elevação nas concentrações de uréia sanguínea (CONTE et al., 2018; KADZERE et al., 2002). Durante o estresse térmico as proteínas assumem uma importância vital, pois são utilizadas nas vias da gliconeogênese, ou seja, na produção de glicose por compostos não carboidratos, além de aumentarem seus níveis para a síntese de proteínas de choque térmico (ARCHANA et al., 2017; JOHNSON, 2014). Logo o fluxo de proteínas para a glândula mamária encontra-se reduzido, aliado a um comprometimento do tecido mamário provocado pela hipertermia (PRATHAP et al., 2017). Assim, ambos os momentos são críticos para a manutenção da produção leiteira.

Os ruminantes são capazes de converter alimentos não comestíveis aos seres humanos, como pastagens, em produção de leite e carne (HERREMANS et al., 2020). No entanto, a conversão normalmente é baixa, no caso das proteínas, apenas 23% do consumido é utilizado na síntese do leite (CALSAMIGLIA et al., 2010). Por esse motivo, taninos condensados são adicionados à dieta, visto que, a produção de proteínas não degradáveis no rúmen aumenta a disponibilidade de proteínas no intestino delgado, contribuindo com uma maior absorção que poderia auxiliar na síntese do leite (BRODERICK, 2018; PILUZZA; SULAS; BULLITTA, 2014). Porém essa suposição não vem sendo confirmada pelos estudos e permanecem desconhecidos os efeitos dos taninos sobre a produção de leite (PILUZZA; SULAS; BULLITTA, 2014). Em um estudo realizado com vacas holandesas suplementadas, de meia lactação, com produção de leite média de 21kg/dia, suplementadas com 120g de tanino provenientes de *Acacia mearnsii*, não foi observado incremento na produção de leite (ALVES et al., 2017), resultados semelhantes foram obtidos por Griffiths et al. (2013).

Em alguns casos, dependendo da dose, os taninos condensados reduzem a digestibilidade da matéria orgânica. No estudo de Alves et al. (2017), por exemplo, as concentrações plasmáticas de ácidos graxos não esterificados encontravam-se aumentadas, o que justifica a ausência de impacto sobre a produção de leite. Favardin, Hamed e Vêrité (2013), acrescentam que só poderiam ocorrer efeitos na produção de leite quando os bovinos estão consumindo quantidades de proteína inferiores as suas necessidades energéticas.

O aumento na ingestão de proteínas, além das necessidades fisiológicas, resulta em uma maior excreção na urina, na forma de ureia (VERITE; DELABY, 2000). O complexo tanino proteína, gerado pela ação dos taninos condensados pode aumentar a perda de proteínas endógenas

devido à interação desses compostos com proteínas da mucosa intestinal, assim pode haver uma utilização compensatória de proteínas metabolizáveis para a proteção do epitélio intestinal (AHNERT *et al.*, 2015; MCSWEENEY *et al.*, 2001).

Herremans *et al.* (2020), discutem que a suplementação com compostos tânicos talvez não possa ser convertida em síntese de proteínas para o leite ou em volume de leite produzido, pois estes reduzem a digestibilidade do nitrogênio, havendo uma maior excreção fecal, visto que em sua meta-análise reunindo 40 estudos com a utilização de taninos provenientes de fontes variadas e em diferentes doses, a proteína e o volume do leite não foram beneficiados com a suplementação. Estes resultados concordam com os de Henke (2017), onde a utilização de taninos condensados, nas doses de 15 e 30g/kg de MS em vacas da raça Holandês, não influenciaram no volume de leite produzido e na composição de proteínas do leite. Ainda, Ávila *et al.* (2020), encontraram em seus resultados, diminuição dos níveis de proteínas no leite, em vacas suplementadas com taninos condensados, provenientes da *Acacia mearnsii*, nas doses de 5, 10, 15 e 20g/kg de MS da dieta.

No que tange a síntese e a composição de proteínas no leite, ainda não foram encontrados impactos positivos com a adição de taninos condensados na dieta, possivelmente novas doses terão que ser testadas até que se chegue em resultados significativos.

Considerações Finais

Diante do exposto, a utilização dos taninos pode resultar em efeitos positivos e negativos ao ser adicionado a dieta de ruminantes, o que dependerá principalmente da dose administrada. As principais vantagens com a suplementação envolvem melhora na resposta imunológica e redução na emissão de metano. Outros estudos devem ser efetuados para que novos resultados possam ser obtidos em animais, principalmente no que se refere à síntese e composição do leite.

Referências

ABO-AZIZA, Faten Abo-Aziza Mohamed. *et al.* Th1/Th2 balance and humoral immune response to potential antigens as early diagnostic method of equine *Strongylus* nematode infection. **Vet World**, Bethesda, v. 10, n. 6, p. 679-687, jun. 2017.

ADDISU, Shewangzaw. Effect of dietary tannin source feeds on ruminal fermentation and production of cattle; a review. **Online Journal of Animal and Feed Research**, Shabestar, v. 6, n. 2, p. 45-56, mar. 2016.

ADEJORO, Festus Adeyemi; HASSEN, Abubeker; AKANMU, Akanmu Mayowa. Effect of lipid-encapsulated acacia tannin extract on feed intake, nutrient digestibility and methane emission in sheep. **Animals**, Basel, v. 9, n. 11, p. 863, out. 2019.

AHNERT, S. *et al.* Influence of ruminal Quebracho tannin extract infusion on apparent nutrient digestibility, nitrogen balance, and urinary purine derivatives excretion in heifers.

Livestock Science, Villaviciosa, v. 177, p. 63–70, Jul. 2015.

ALVES, Tiago Pansard *et al.* The effects of supplementing *Acacia mearnsii* tannin extract on dairy cow dry matter intake, milk production, and methane emission in a tropical pasture. **Tropical Animal Health and Production**, Edinburgh, v. 49, n. 8, p. 1663-1668, ago. 2017.

ARCHANA, P. R. *et al.* Role of Heat Shock Proteins in Livestock Adaptation to Heat Stress. **Journal of Dairy, Veterinary & Animal Research**, Budapeste, v. 5, n. 1, p. 00127, jan. 2017.

AROWOLO, M. A.; HE, J. Use of probiotics and botanical extracts to improve ruminant production in the tropics: a review. **Animal Nutrition**, New England, v. 4, n. 3, p. 241-249, set. 2018.

ATHANASIADOU, S. *et al.* Direct anthelmintic effects of condensed tannins towards different gastrointestinal nematodes of sheep: in vitro and in vivo studies. **Veterinary Parasitology**, Amsterdam, v. 99, n. 3, p. 205–219, ago. 2001.

ATTIA, M. *et al.* Impact of Quebracho tannins supplementation on productive and reproductive efficiency of dairy cows. **Open Journal of Animal Sciences**, Fort Valley, v. 6, n. 4, p. 269, set. 2016.

ÁVILA, A. *et al.* Black Wattle (*Acacia mearnsii*) Condensed Tannins as Feed Additives to Lactating Dairy Cows. **Animals**, Basel, v. 10, n. 4, p. 662, abr. 2020.

ÁVILA, S. C. *et al.* Impact of a tannin extract on digestibility, ruminal fermentation and duodenal flow of amino acids in steers fed maize silage and concentrate containing soybean meal or canola meal as protein source. **The Journal of Agricultural Science**, Belihuloya, v. 153, n. 5, p. 943-953, jan. 2015.

BAUMGARD, L.; RHOADS, R. Effects of heat stress on postabsorptive metabolism and energetics. **Annual Reviews of Animal Biosciences**, Palo Alto, v. 1, n. 1, p. 311-337, jan. 2013.

BEAUCHEMIN, K. A. *et al.* Use of condensed tannin extract from quebracho trees to reduce methane emissions from cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 85, n. 8, p. 1900-1906, ago. 2007.

BEAUCHEMIN, K. A. *et al.* Nutritional management for enteric methane abatement: a review. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, East Melbourne, v. 48, n. 1, p. 21-27, jan. 2008.

BERTACCINI, G. *et al.* Histamine H3 receptors in the guinea pig ileum: Evidence for a postjunctional location. **Journal of Physiology-Paris**, Paris, v. 94, n. 1, p. 1-4, jan. 2000.

BHATTA, R. *et al.* Difference in the nature of tannins on

- in vitro ruminal methane and volatile fatty acid production and on methanogenic archaea and protozoal populations. **Journal of Dairy Science**, Lincoln, v. 92, n. 11, p. 5512-5522, nov. 2009.
- BOLAND, M. *et al.* The future supply of animal-derived protein for human consumption. **Trends in Food Science & Technology**, Cambridge, v. 29, n.1, p. 62-73, jan. 2013.
- BOLFE, L. E. Visão 2030: O futuro da agricultura brasileira (Coord.). **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**, Brasília, 2018.
- BRODERICK, G. A. Review: Optimizing ruminant conversion of feed protein to human food protein. **Animal**, Cambridge, v. 12, n. 08, p. 1722-1734, ago. 2018.
- BROUCEK, J. Options to methane production abatement in ruminants: A review. **The Journal of Animal & Plant Sciences**, Lahore, v. 28, n. 2, p. 348-364, 2018.
- CALSAMIGLIA, S. *et al.* Strategies for optimizing nitrogen use by ruminants. **Animal**, Cambridge, v. 4, n. 07, p. 1184-1196, maio 2010.
- CARA, D. C.; NEGRÃO-CORRÊA, D.; TEIXEIRA, M. M. Mechanism underlying eosinophil trafficking and their relevance in vivo. **Histology and Histopathology**, Madri, v. 15, n. 3, p. 889-920, jul. 2000.
- CENCI, F. B. *et al.* Effects of condensed tannin from *Acacia mearnsii* on sheep infected naturally with gastrointestinal helminthes. **Veterinary Parasitology**, Boston, v. 144, n. 1-2, p. 132-137, mar. 2007.
- CHAVES, A. V. *et al.* Effect of pasture type (alfalfa vs. grass) on methane and carbon dioxide production by yearling beef heifer. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 86, p. 409-418, maio 2006.
- CIESLAK, A. *et al.* Effects of tannins source (*Vaccinium vitis idaea* L.) on rumen microbial fermentation in vivo. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 176, n. 1-4, p. 102-106, set. 2012.
- CLIFFE, L. *et al.* Accelerated intestinal epithelial cell turnover: a new mechanism of parasite expulsion. **Science**, Washington, v. 308, n. 5727, p. 1463-5, jun. 2005.
- CONTE, G. *et al.* Feeding and nutrition management of heat-stressed dairy ruminants. **Italian Journal of Animal Science**, Bologna, v. 17, n. 3, p. 604-620, jan. 2018.
- CORDÃO, M. A. *et al.* Taninos e seus efeitos na alimentação animal: Revisão bibliográfica. **PUBVET**, Londrina, v. 4, n. 32, p. 924-930, 2010.
- COSTA, C. T. C. *et al.* Taninos e sua utilização em pequenos ruminantes. **Embrapa Caprinos e Ovinos- Artigo em periódico indexado (ALICE)**, Botucatu, v. 10, n. 4, p. 108-116, mar. 2008.
- COUTO, L. C. **Qualificação dos taninos da casca de *Acácia mangium Wild.*** 2011. (Trabalho de Conclusão de Curso)- Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Macuri Biomassa, Minas Gerais, 2011.
- DAVID, T.; TIMOTHY, G. The structure and function of helminth surfaces J. J. Marr, M. Muller (Eds.). **Biochemistry and Molecular Biology of Parasites**. Academic Press, Londres. p. 203-232, 1995.
- DE ANDRADE, T. V. *et al.* Tanino em resíduos e subprodutos alimentares para a alimentação animal. **Nutritime Revista Eletrônica**, on-line, Viçosa, v. 12, n. 5, p. 4230-4236, set./out. 2015.
- DE KOSTER, J.; OPSOMER, G. Insulin resistance in dairy cows. **The Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice**, Philadelphia, v. 29, n. 2, p. 299-322, jun. 2013.
- DE MIRANDA, E. Potência agrícola e ambiental: áreas cultivadas no Brasil e no mundo. **Embrapa Monitoramento por Satélite-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, Brasília, v.38, n. 2, p. 25-27. fev. 2018.
- DICKHOEFER, U.; AHNERT, S.; SUSENBETH, A. Effects of quebracho tannin extract on rumen fermentation and yield and composition of microbial mass in heifers. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.94, n.4, p.1561-1575, abr. 2016.
- ELLIS, J. L. *et al.* Aspects of rumen microbiology central to mechanistic modelling of methane production in cattle. **Journal of Agricultural Science**, Belihuloya, v. 146, n. 2. p. 213-233, abr. 2008.
- FAGUNDES, G. *et al.* Tannin as a natural rumen modifier to control methanogenesis in beef cattle in tropical systems: Friend or foe to biogas energy production? **Research in Veterinary Science**, Oxford, v. 123, p. 88-96, out. 2020.
- FAO. **Water-energy-food-nexus**. Roma. Disponível em: <http://www.fao.org/energy/water-food-energy-nexus/en/>. Acesso em: 29 jun. 2020.
- FAVERDIN, P.; M'HAMED, D.; VERITÉ, R. Effects of metabolizable protein on intake and milk production of dairy cows independent of effects on ruminal digestion. **Animal Science**, Cambridge, v. 76, n. 1, p. 137-146, fev. 2013.
- FIANCO, B. *et al.* Balanço energético negativo no período de transição da vaca leiteira. **Investigação**, São Paulo, v. 17, n. 5, p. 24-31, 2018.
- FRUTOS, P. *et al.* Tannins and ruminant nutrition. **Spanish Journal of Agricultural Research**. Madrid, v. 2, n. 2, p. 191-202, jun. 2004.
- FRUTOS, P. *et al.* Condensed tannin content of several shrub species from a mountain area in northern Spain, and

its relationship to various indicators of nutritive value.

Animal Feed Science and Technology, Amsterdam, v. 92, n. (3-4), p. 215-226, fev. 2002.

GARCÍA, A. Á.; CARRIL, E. P.-U. Metabolismo secundario de plantas. **Reduca (biología)**, Madrid, v. 2, n. 3, p. 119-145, 2011.

GELDHOF, P.; KNOX, D. The intestinal contortin structure in *Haemonchus contortus*: an immobilised anticoagulant? **International Journal for Parasitology**, Oxford, v. 38, n. 13, p. 1579-1588, nov. 2008.

GERBER, P. J. *et al.* Technical options for the mitigation of direct methane and nitrous oxide emissions from livestock: a review. **Animal: an International Journal of Animal Bioscience**, Cambridge, v. 7, n. s2, p. 220-234, abr. 2013.

GRAINGER, C. *et al.* Potential use of *Acacia mearnsii* condensed tannins to reduce methane emissions and nitrogen excretion from grazing dairy cows. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 89, n. 2, p. 241-251, jan. 2009.

GRIFFITHS, W. *et al.* Supplementing lactating dairy cows fed high-quality pasture with black wattle (*Acacia mearnsii*) Tannin. **Animal**, Cambridge, v. 7, n. 11, p.1789-1795, jun. 2013.

HOSTE, H.; GAILLARD, L.; FRILEUX, Y. L. Consequences of the regular distribution of sainfoin hay on gastrointestinal parasitism with nematodes and milk production in dairy goats. **Small Ruminant Research**, Bet Dagan, v. 59, p. 265-271, ago. 2005.

HAQUE, M. N. Dietary manipulation: a sustainable way to mitigate methane emissions from ruminants. **Journal of Animal Science and Technology**, London, v. 60, n. 15, dez. 2018.

HAYLER, R.; STEINGASS, H.; DROCHNER, W. Effect of various feedstuffs rich in tannin content on rumen methanogenesis in vitro - using the Hohenheim gas test. **Proceedings of the British Society of Animal Science**, Cambridge, v. 1998, n. 35, p. 225,1998.

HENCHION, M. Future protein supply and demand: strategies and factors influencing a sustainable equilibrium. **Foods**, Chester, v. 6, n. 7, p. 53, jul. 2017.

HENDAWY, S. Immunity to gastrointestinal nematodes in ruminants: effector cell mechanisms and cytokines. **Journal of Parasitic Diseases**, Lucknow, v. 42, n. 4, p. 471-482, dez. 2018.

HENKE, A. *et al.* Effect of dietary Quebracho tannin extract on feed intake, digestibility, excretion of urinary purine derivatives and milk production in dairy cows. **Archives of Animal Nutrition**, Berlin, v. 71, n. 1, p. 37-53, nov. 2017.

HERREMANS, S. *et al.* Effect of dietary tannins on milk

yield and composition, nitrogen partitioning and nitrogen use efficiency of lactating dairy cows: A meta-analysis.

Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition, Berlin, v. 0, p. 1-10, fev. 2020.

HOSTE, H. *et al.* The effects of tannin-rich plants on parasitic nematodes in ruminants. **Trends in Parasitology**, Oxford, v. 22, n. 6, p. 253-261, jun. 2006.

HOSTE, H. *et al.* Tannin containing legumes as a model for nutraceuticals against digestive parasites in livestock. **Veterinary Parasitology**, Boston, v. 212, n. 1-2, p. 5-17, ago. 2015.

HUANG, Q. *et al.* Potential and challenges of tannins as an alternative to in-feed antibiotics for farm animal production. **Animal Nutrition**, London, v. 4, n. 2, p. 137-150, jun. 2018.

IPCC-Intergovernmental panel on climate change: synthesis report. *In*: PACHAURI R. K.; MEYER, L. A (Ed.) **Contribution of working groups I, II and III to the fifth assessment report of the intergovernmental**. Geneva: IPCC, Geneva, p. 151, 2014.

JAYANEGARA, A. *et al.* Divergence between purified hydrolysable and condensed tannin effects on methane emission, rumen fermentation and microbial population in vitro. **Animal Feed Science Technology**, Amsterdam, v. 209, p. 60-68, nov. 2015.

JOHNSON, J. S. **heat stress alters animal physiology and post-absorptive metabolism during pre-and postnatal development**. 2014. Tese de Doutorado (Doutorado em fisiologia)- Iowa State University, Ames, Iowa, 2014.

JONES, G. A. *et al.* Effects of sainfoin (*Onobrychis viciifolia* Scop.) condensed tannins on growth and proteolysis by four strains of ruminal bacteria. **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, v. 60, n. 4, p. 1374-1378, jan. 1994.

KADZERE, C. T. *et al.* Heat stress in lactating dairy cows: a review. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 77, n.1, p. 59-91, out. 2002.

KAMRA, D. N.; AGARWAL, N.; CHAUDHARY, L. C. Inhibition of ruminal methanogenesis by tropical plants containing secondary compounds. **International Congress Series**, Amsterdam, v. 1293, p. 156-163, jul. 2006.

KHAN, R. U. *et al.* 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**, Faisalābād, v. 12, n. 3, p. 220-231, fev. 2016.

KNIGHT, P. A.; BROWN, J. K.; PEMBERTON, A. D. Innate immune response mechanisms in the intestinal epithelium: potencial roles for mast cells and goblet cells in the expulsion of adult *Trichinella spiralis*. **Parasitology**,

Riverdale, v. 35, n. 6, p. 655-670, maio 2008.

KOZLOSKI, G. V.; HENTZ, F. Nutritional potential of tannin extracts for ruminants. **Archivos Latinoamericanos de Producción Animal**, Mayagüez, v. 19, n. 1-2, p. 11-12. Jan. 2011.

KOZLOSKI, G. V. **Bioquímica de Ruminantes**. Fundação de Apoio e Tecnologia e Ciência. Santa Maria: Editora UFSM, 2011.

KRUEGER, W. K. *et al.* Effects of dietary tannin source on performance, feed efficiency, ruminal fermentation, and carcass and noncarcass trait in steers fed a high-grain diet. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 159, n. 1-2, p. 1-9, jul. 2010.

LASCANO, C. E.; SCHMIDT, A.; BARAHONA, R. Forage quality and the environment. *In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS*, p. 351-356, São Pedro. **Anais [...] FEALQ**, 2001.

LI, P. *et al.* Amino acids and immune function. **The British Journal of Nutrition**, Cambridge, v. 98, n. 2, p. 237-252, ago. 2007.

MAKINO, R.; OHARA, S.; HASHIDA, K. Efficient extraction of polyphenolics from the bark of tropical tree species. **Journal of Tropical Forest Science**, Kuala Lumpur, v. 21, n. 1, p. 45-49, jan. 2009.

MALIK, P. K. *et al.* GHG emissions from Livestock: Challenges and ameliorative measures to counter adversity. **Greenhouse Gases-Selected Case Studies**, Croácia: InTech 1-16, 2016.

MANELLA, M.; CIDRINI, I. A. Uso de Taninos para melhorar a eficiência do uso de energia e reduzir a emissão de CH₄. *In: IV Simpósio Brasileiro de Produção de Ruminantes no Cerrado*, 4., p. 79-96, Uberlândia. **Anais [...]**. Uberlândia, Bibliotecas da AFU, 2018.

MARTIN, C.; MORGAVI, D.; DOREAU, M. Methane mitigation in ruminants: from microbe to the farm scale. **Animal**, Tunisia, v. 4, n. 3, p. 351-65, maio 2010.

MARTINEZ, F.; MERCADET, A.; VARGAS, L. M. Estimación del contenido de taninos en la corteza de 13 especies de pinos que crecen en topes de collantes. [Estimation of the content of tannins in the bark of 13 pine species that grow in topes de collantes]. **Revista Forestal Baracoa**, Pinar del Rio, v. 17, n. 1, p. 35-44, 1987.

MCALLISTER, T. A. *et al.* Ruminant nutrition symposium: use of genomics and transcriptomics to identify strategies to lower ruminal methanogenesis. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 93, n. 4, p. 1431-1449, abr.2015.

MCSWEENEY, C. S. *et al.* Microbial interactions with tannins: Nutritional consequences for ruminants. **Animal Feed Science Technology**, Amsterdam, v. 91, p. 83-93, mai.

2001.

Meeusen, Els; Balic, Adam; Bowles, Vernon. Cells, cytokines and other molecules associated with rejection of gastrointestinal nematode parasites. **Veterinary Immunology and Immunopathology**, Edinburgh, v. 108, p. 121-125, out. 2005.

MEKONNEN, M. *et al.* Water productivity in meat and milk production in the US from 1960 to 2016. **Environment International**, Oxford, v. 132, p. 105084, nov. 2019.

MEZZOMO, R. *et al.* Influence of condensed tannin on intake, digestibility, and efficiency of protein utilization in beef steers fed high concentrate diet. **Livestock Science**, Villaviciosa, v. 141, n. 1, p. 1-11, 2011.

MIN, B. R.; HART, S. P. Tannins for suppression of internal parasites. **Journal Animal Science**, Champaign, v. 81, p. 102-109, jan. 2003.

MIN, B. R. *et al.* The effect of shortterm consumption of a forage containing condensed tannins on gastrointestinal nematode parasite infections in grazing wether goats. **Small Ruminants Research**, Amsterdam, v. 51, p. 279-283, mar. 2004.

MINHO, A. P. *et al.* Anthelmintic effects of condensed tannins on *Trichostrongylus colubriformis* in experimentally infected sheep. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 31, n. 4, p. 1009-1016, maio 2010.

MOLAN, A-L. Effect of flavan-3-ols on *In vitro* egg hatching, larval development and viability of infective larvae of *Trichostrongylus colubriformis*. **International Journal Parasitology**, Oxford, v. 33, p. 1691-1698, dez. 2003.

MOMBACH, M. A. *et al.* Emissão de metano entérico por bovinos: o que sabemos e que podemos fazer?. *In: EMBRAPA AGROSSILVIPASTORIL-ARTIGO EM ANAIS DE CONGRESSO (ALICE)*. *In: SIMPÓSIO DE PECUÁRIA INTEGRADA*, 2., p. 181-202. Sinop. Recuperação de pastagens, Cuiabá. **Anais [...]**. Cuiabá: Fundação Uniselva, 2016

MONTEIRO, J. M. Taninos: uma abordagem da química à ecologia. **Química Nova**, São Paulo, v. 28, n. 5, p. 892-6, set/out. 2005.

MUI, T. N.; BINH, D. V.; ORSKOV, E. R. Effect of foliage containing condensed tannins and on gastrointestinal parasites. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 121, n. 1, p. 77-87, jun.2005.

NONNECKE, B. J. *et al.* Effects of the mammary gland on functional capacities of blood mononuclear leukocyte populations from periparturient cows. **Journal of Dairy Science**, Lincoln, v. 86, n. 7, p. 2359-2368, 2003.

- NOVOBILSKÝ, A.; MUELLER-HARVEY, I.; THAMSBORG, S. M. Condensed tannins act against cattle nematodes. **Veterinary Parasitology**, Boston, v. 182, n. 2-4, p. 213-220, dez. 2011.
- NOZELLA, E. F. **Determinação de taninos em plantas com potencial forrageiro para ruminantes**. 2001 - Dissertação (Mestrado em Energia Nuclear na Agricultura), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.
- ORNAGHI, M. G. *et al.* Improvements in the quality of meat from beef cattle fed natural additives. **Meat Science**, Barking, v. 163, p. 108059, 2020.
- PANASEVICH, M. *et al.* Soy compared with milk protein in a Western diet changes fecal microbiota and decreases hepatic steatosis in obese OLETF rats. **The Journal of nutritional biochemistry**, Kentucky, v. 100, n. 46, p. 125-136, ago. 2017.
- PRATHAP, P. *et al.* Heat Stress and Dairy Cow: Impact on Both Milk Yield and Composition. **International Journal of Dairy Science**, Lincoln, v. 12, n. 1, p. 1-11, dez. 2017.
- PATHAK, A. K.; TIWARI, S. P. Effect of high plane of nutrition on the performance of *Haemonchus contortus* infected kids. **Vet World**, Morbi, v. 6, n. 1, p. 22-26, nov. 2013.
- PATHAK, A. K. *et al.* Effect of condensed tannins supplementation through leaf meal mixture on voluntary feed intake, immune response and worm burden in *Haemonchus contortus* infected sheep. **Journal of Parasitic Diseases**, Lucknow, v. 40, n. 1, p. 100-105, jan/mar. 2016.
- PATRA, A. K.; SAXENA, J. A new perspective on the use of plant secondary metabolites to inhibit methanogenesis in the rumen. **Phytochemistry**, Oxford, v. 71, n. 11-12, p. 1198-1222, ago. 2010.
- PEDREIRA, M. S. *et al.* Aspectos Relacionados com a Emissão de Metano de Origem Ruminal em Sistemas de Produção de Bovinos. **Archives of Veterinary Science**, Curitiba, v. 10, n. 3. p. 24-32, nov. 2005.
- PERNA JUNIOR, F. *et al.* Short-term use of monensin and tannins as feed additives on digestibility and methanogenesis in cattle. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 49, p. 1-9, maio 2020.
- PES, L. Z.; ARENHARDT, M. H. Caderno Didático de Fisiologia Vegetal (UFMS). **Cadernos Pronatec Goiás**, Santa Maria, v. 1, n. 1, p. 386-378, jun. 2018.
- PILUZZA, G.; SULAS, L.; BULLITTA, S. Tannins in forage plants and their role in animal husbandry and environmental sustainability: A review. **Grass and Forage Science**, Oxford, v. 69, n. 1, p. 32-48, fev. 2014.
- PRIOLO, A. *et al.* Polyethylene glycol as a means for reducing the impact of condensed tannins in carob pulp: Effects on lamb growth performance and meat quality. **Journal of Animal Science**, Amsterdam, v. 78, n. 4, p. 810-816, abr. 2000.
- QIAO, M. *et al.* Review of antibiotic resistance in China and its environment. **Environment International**, Oxford, v. 110, p.160-172, jan. 2018.
- RAMIREZ-RESTREPO, C.; BARRY, T. Alternative temperate forages containing secondary compounds for improving sustainable productivity in grazing ruminants. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 120, n. 3-4, p. 179-201, mai. 2005.
- RIBEIRO, P. R.; MACEDO JUNIOR, G. de L.; DA SILVA, S. P. Aspectos nutricionais da utilização da proteã na pelos ruminantes. **Veterinária Notícias**, Uberlândia, v. 20, n. 2, p. 1-14, nov. 2015.
- SGARBIERI, V. C. Deterioração e modificações químicas, físicas e enzimáticas de proteínas. In: SGARBIERI, V. C. **Proteínas em alimentos protéicos: propriedades - degradações - modificações**. 2nd. Ed.Varela, 1996. p. 387-517.
- SINGH, S. P. A note on tannin formaldehyde adhesives. **Journal of the Timber Development Association of India**, Ghaziabad, v. 20, n. 4, p. 11-17, 1975.
- SOUZA, B. M. P. da S. *et al.* Galectins and collectin expression are increased in *Haemonchus contortus*-infected corriedale sheep. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, Jaboticabal, v. 24, n. 3, p. 317-323, jul/set. 2015.
- TAPIO, I. *et al.* The ruminal microbiome associated with methane emissions from ruminant livestock. **Journal of Animal Science and Biotechnology**, London, v. 8, n. 1, p. 1-11, jan. 2017.
- TAYLOR, M. A.; COOP, R. L.; WALL, R. L. **Parasitologia Veterinária**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2010.
- TZAMALOUKAS, O. *et al.* The effect of chicory (*Cichorium intybus*) and sulla (*Hedysarum coronarium*) on larval development and mucosal cell responses of growing lambs challenged with *Teladorsagia circumcincta*. **Parasitology**, Cambridge, v. 132, n. 3, p. 419, mar. 2006.
- TIEMANN, T. Effect of the tropical tannin-rich shrub legumes *Calliandra calothyrsus* and *Flemingia macrophylla* on methane emission and nitrogen and energy balance in growing lambs. **Animal**, Cambridge, v. 2, n. 5, p.790-799, abr. 2008.
- TIZARD, I. **Imunologia Veterinária**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.
- UN-DESA. World population prospects: the 2017 revision, key findings and advance tables. **United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population**

Division, New York, p. 1-46, 2017.

PAOLINI, V.; FOURASTE, I.; HOSTE, H. *In vitro* effects of three woody plant and sainfoin extracts on two parasitic stage of three parasitic nematode species. **Parasitology**, Riverdale, v. 129, p. 69-77, jul. 2004.

VAN DORLAND, H. A. *et al.* Effect of supplementation of fresh and ensiled clovers to ryegrass on nitrogen loss and methane emissions in dairy cows. **Livestock Science**, Amsterdam, v. 111, n. 1-2, p. 57-69, ago. 2007.

VERITÉ, R.; DELABY, L. Relation between nutrition, performances and nitrogen excretion in dairy cows. *Annales de Zootechnie*, Paris, v. 49, p. 217-230, maio 2000.

VITAL, B. R. *et al.* Adesivos à base de taninos das cascas de duas espécies de eucalipto para produção de chapas de flocos. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 28, n. 4, p. 571-582, ago. 2004.

WAGHORN, G.; TAVENDALE, M.; WOODFIELD, D. Methanogenesis from forages fed to sheep. *Proceedings of the New Zealand Grassland Association*, Dunedin, v. 64, p. 159-165, jan 2002.

WOODWARD, S. L. *et al.* Early indications that feeding Lotus will reduce methane emissions from ruminants. **The New Zealand Society of Animal Production**, 2001, Adelaide. Wellington, v. 61, p. 23-26, 2001.

WILLIAMS, A. *et al.* Direct anthelmintic effects of condensed tannins from various plant sources against *Ascaris suum* **PLoS One**, San Francisco, v. 9, n. 5, p. e97053, maio. 2014.

WU, G. Amino acids: metabolism, functions, and nutrition. **Amino Acids**, Springer, v. 37, n. 1, p. 1-17, mar. 2009.

Recebido em: 01.07.2020

Aceito em: 04.09.2020