

**POTENCIALIDADES DA UTILIZAÇÃO DE TANINOS NA CONSERVAÇÃO
DE FORRAGENS E NUTRIÇÃO DE RUMINANTES- REVISÃO**
(*Potentiality of tannins used in forages conservation and ruminant nutrition - a review*)

OLIVEIRA, S.G.¹; BERCHIELLI, T.T.²

¹ Programa de Pós-graduação em Zootecnia, FCAV/Unesp - Jaboticabal, SP

² Departamento de Zootecnia - FCAV/Unesp - Jaboticabal, SP, Pesquisadora do CNPq

RESUMO - A revisão teve como objetivo apresentar uma discussão sobre os taninos. Os taninos são compostos que possuem a propriedade de ligar-se a outras macromoléculas reduzindo sua disponibilidade para o metabolismo animal. Esta característica possui aspectos benéficos ou deletérios, dependendo da concentração na qual o tanino se apresenta na planta e sua estrutura. Os efeitos benéficos são representados, principalmente, pelo melhor aproveitamento da fração protéica da dieta e aumento na eficiência de síntese microbiana no rúmen. A possibilidade de utilização de taninos na redução da emissão ruminal do gás metano vem despertando interesse em pesquisas recentes indicando, de forma consistente, redução da metanogênese ruminal. No entanto, a maior parte dos estudos conduzidos com o intuito de avaliar o efeito dos taninos no processo de fermentação de forragem e o metabolismo animal utiliza leguminosas e, pelas diferentes características que estas apresentam, muitos dos resultados não podem ser extrapolados para estudos com gramíneas taniníferas. Por meio da melhor caracterização do perfil e da reatividade dos taninos presentes nas forragens taniníferas, como determinados híbridos de sorgo, e pela realização de experimentos que demonstrem o efeito dos taninos sobre o metabolismo e desempenho animal, o real potencial da utilização de forrageiras taniníferas será esclarecido.

Palavras-chave: metabolismo; metano; polifenóis; ruminantes; tanino condensado.

ABSTRACT - This review present a discussion about the tannins. The tannins are compounds that have the ability to bind other macromolecules, reducing their availability to animal metabolism. This characteristic can be benefic or deleterious, depending on the tannin concentration degree in the plant and its structure. Positive effects are mainly related with a better use of the dietary protein and an increased efficiency of microbial protein synthesis in the rumen. The use of tannins to reduce ruminal methane emission has been subject of current researches, firmly indicating a decrease of ruminal methanogenesis. However, many of these studies, carried out to evaluate the effects of tannins on forage fermentation and animal metabolism, are based on legume plants, so their results can not be surpassed to studies concerning tanniniferous grasses. By improving the characterization of the profile and reactivity of tannins in tanniniferous forages, such as some sorghum hybrids, as well as conducting experiments to demonstrate the effects of tannins on animal metabolism and performance, the real potential of forages with tannin will be enlightened.

Key words: metabolism; methane; polyphenols; ruminants; condensed tannin.

INTRODUÇÃO

A elevada produtividade dos animais, determinada pelo avanço genético, somada à atual demanda por sistemas de produção de baixo impacto ambiental, exigem da pesquisa o desenvolvimento de estratégias nutricionais que possibilitem a obtenção de produtos de origem animal com alta eficiência, viabilizada pelo baixo custo, e de forma não agressiva ao ambiente.

O adequado conhecimento dos ingredientes utilizados na nutrição animal pode

fornece subsídios para utilização de determinadas substâncias (que anteriormente, poderiam ser consideradas deletérias), de forma benéfica para que o objetivo de maior eficiência produtiva seja alcançado. Os taninos se enquadram nesse contexto, podendo, principalmente, de acordo com a concentração com que se apresentam na forragem (MUPANGWA *et al.*, 2000; MAKKAR, 2003), estarem associados a determinados efeitos benéficos ao metabolismo animal, como aumento na absorção de aminoácidos no intestino, redução da população de parasitas no intestino (MIN *et al.*,

2003), aumento na síntese de proteína microbiana (MAKKAR, 2003) e redução na produção de metano ruminal (SCALBERT, 1991; WOODWARD *et al.*, 2001). É importante esclarecer, já que parece haver um consenso pelo qual o efeito dos taninos é dose dependente, que cuidados devem ser tomados em relação à sua concentração nos ingredientes utilizados na alimentação animal. Quando ingerido em alta quantidade (6% a 12% da MS), os taninos podem ocasionar efeito depressivo sobre o consumo voluntário e redução na eficiência do processo digestivo e produtividade animal (FRUTOS *et al.*, 2002).

A presente revisão tem como objetivo apresentar breve descrição sobre os taninos abrangendo os principais aspectos relacionados à sua utilização e seus possíveis efeitos no processo de conservação de forragens, metabolismo animal e, em estudos mais recentes, seu potencial como inibidor do impacto da produção animal sobre o meio ambiente.

Caracterização dos taninos

Os taninos são definidos como um complexo heterogêneo de polifenóis de origem vegetal com alto peso molecular (500 a 3000 Da) (FERREIRA e NOGUEIRA, 2000; AGANGA e MONASE, 2001), os quais diferem de outros polifenóis pela sua capacidade de precipitar proteínas (SILANIKOVE *et al.*, 2001), íons metálicos, aminoácidos e polissacarídeos (MAKKAR, 2003).

O conteúdo dos taninos varia com a espécie vegetal, podendo ocorrer diferenças genéticas dentro de uma mesma espécie, possibilitando a seleção de variedade de acordo com o desejado (MAASS *et al.*, 1996). A fertilidade do solo e as condições climáticas para o cultivo de leguminosas tropicais afetam também a concentração dos taninos condensados, sua composição monomérica e peso molecular (LASCANO *et al.*, 2001).

Os taninos dividem-se em dois principais grupos: hidrolisáveis e condensados, embora MAKKAR (2003) ressalte a existência de taninos que apresentam compostos de ambos grupos, condensados e hidrolisáveis. SCHOFIELD *et al.* (2001) comentam que taninos condensados podem conter ácido gálico em sua cadeia, o que resultaria em maior atividade biológica do composto.

Os taninos hidrolisáveis são formados por ésteres complexos, consistindo em uma cadeia de carboidrato central, normalmente a D-glicose, na

qual duas ou mais hidroxilas são esterificadas com ácido gálico ou ácido hexahidroxi-difênico (McSWEENEY *et al.*, 2001; MUELLER-HARVEY, 2001; MIN *et al.*, 2003). Os taninos condensados ou proantocianidinas são polímeros de flavan-3-ol (catequina) ou flavan-3,4-diol (leucoantocianidina) e seus derivados são mais corretamente denominados de proantocianidinas ou poliflavonóides (JANSMAM, 1993).

As diferenças na estequiometria ou número de unidades monoméricas dos taninos condensados podem resultar em uma variedade de estruturas químicas, afetando suas propriedades biológicas (BARRY e McNABB, 1999). De acordo com SCALBERT (1991) e AERTS *et al.* (1999), o aumento na relação prodelphinidina:procyanidina nos taninos condensados eleva sua capacidade em se ligar às proteínas.

Os taninos, normalmente, encontram-se nos vacúolos das células onde não interferem no metabolismo da planta, agindo apenas com a ruptura da célula, o que pode ser causado por algum choque mecânico, como a mastigação (MIN *et al.*, 2003). Os efeitos antinutricionais dos taninos estão relacionados à sua ação sobre ingestão de matéria seca (BARRY e McNABB, 1999), sua capacidade de se combinar com a proteína da dieta (SCHOFIELD *et al.*, 2001), polímeros como a celulose, hemicelulose e pectina e minerais, diminuindo com isso sua digestibilidade (McSWEENEY *et al.*, 2001). REED (1995) e MAKKAR *et al.* (1995) associam em maior parte aos taninos condensados os efeitos antinutricionais pela formação de complexos, sendo creditado ao tanino hidrolisável os efeitos tóxicos ao animal, nos quais as lesões mais comumente observadas são as hemorragias gastrintestinais e necrose do fígado (REED, 1995). No entanto, McSWEENEY *et al.* (2001) mencionam que, tanto os taninos condensados como os hidrolisáveis podem se complexar com as proteínas pela formação de pontes de hidrogênio entre subunidades fenólicas do polímero e os grupos carbonilas dos peptídeos das proteínas.

Os taninos condensados ligam-se às proteínas e outras macromoléculas principalmente por interações hidrofóbicas e pontes de hidrogênio, sendo essas ligações reversíveis, dependendo do pH em que os complexos se encontram (MIN *et al.*, 2003). A força com que os taninos se ligam à proteína é determinada pelas características de ambos, como peso molecular, estrutura terciária, ponto isoelétrico e compatibilidade entre os locais

de ligação (SILANIKOVE *et al.*, 2001). Os taninos também podem afetar o processo de digestão por meio da complexação com enzimas secretadas e proteínas endógenas.

A manipulação para remover esses compostos secundários pode interferir nos mecanismos de defesa das plantas, reduzindo sua competitividade entre as espécies. Portanto, ferramentas que possibilitem atenuar o seu efeito sobre o metabolismo animal ou a utilização desses compostos em concentrações que permitam o efeito benéfico parecem ser estratégias adequadas (ODENYO *et al.*, 2001).

Mecanismos de defesa ou adaptação

Ao longo do processo evolutivo, os herbívoros desenvolveram determinadas estratégias alimentares que possibilitaram minimizar os efeitos dos compostos secundários sobre seu metabolismo. Esses mecanismos podem ser oriundos de defesas encontradas no ambiente ruminal (LANDAU *et al.*, 2000) ou desenvolvidas pelo animal hospedeiro, como adaptação do trato intestinal (BROOKER *et al.*, 2000). Os animais que, usualmente, não recebem dieta com presença de taninos podem não possuir eficientes mecanismos de defesa ou adaptação. Quando em pastejo, de forma a evitar seu efeito negativo no organismo, o animal pode apresentar comportamento seletivo, consumindo em menor quantidade plantas com taninos e/ou misturadas com outras espécies (BARROSO *et al.*, 2003).

Para alguns animais, a presença de proteínas ricas em prolina na saliva constitui-se na principal forma de defesa contra os taninos presentes na dieta. Contudo, não foi observada a presença dessa espécie de proteína na saliva de bovinos, ovinos ou caprinos (BARRY e McNABB, 1999; MAKKAR, 2003). Um longo tempo de ingestão de taninos pode induzir ao aumento no tamanho das glândulas salivares, embora esse aumento não seja constante em todas as espécies. A saliva de bovinos alimentados com dietas contendo alto teor de taninos hidrolisáveis, apesar da ausência de proteína rica em prolina, apresentou alta afinidade por ácido tânico, formando complexos solúveis tanino-proteína (MAKKAR, 2003). LANDAU *et al.* (2000) observaram que animais consumindo dietas ricas em taninos apresentaram excessiva salivagem, podendo esse fato constituir-se em uma adaptação à presença de taninos.

A adequação do metabolismo ruminal em

presença de compostos fenólicos pode ser dependente da capacidade dos microrganismos em degradar esses compostos de forma rápida, removendo-os do sistema (LOWRY *et al.*, 1996). A degradação dos taninos hidrolisáveis no rúmen é bem documentada pela literatura (REED, 1995; SINGH *et al.*, 2001; MAKKAR, 2003), sendo o efeito tóxico resultado da absorção pela corrente sanguínea e transporte para o fígado dos produtos da sua degradação. Apesar de estudos demonstrarem perda de taninos condensados no trato gastrointestinal (PEREZ-MALDONADO e NORTON, 1996), a degradação enzimática dos taninos condensados parece ser muito pouco representativa, sendo a despolimerização de taninos condensados pela clivagem da ligação carbono-carbono não observada em condições anaeróbicas, podendo não ocorrer no rúmen (McSWEENEY *et al.*, 2001; ODENYO *et al.*, 2001; MAKKAR, 2003).

O *Streptococcus caprinus*, um específico microrganismo encontrado no rúmen de caprinos, possui a capacidade de degradar complexos tanino-proteína (BROOKER *et al.*, 1994), enquanto microrganismos isolados do rúmen de bovinos que anteriormente não receberam dietas com taninos condensados não possuem enzimas para sua degradação e a exposição desses microrganismos ao tanino condensado por oito dias em um simulador das condições ruminais não induziu a produção dessas enzimas (MAKKAR *et al.*, 1995).

A identificação de microrganismos que possam tolerar altas concentrações de taninos condensados e hidrolisáveis também se constitui em importante ferramenta, auxiliando na compreensão dos mecanismos de adaptação dos microrganismos à presença de taninos na dieta. McSWEENEY *et al.* (2001) referem que a interação entre tanino e parede celular das bactérias pode afetar o transporte de nutrientes para as células dos microrganismos, retardando seu crescimento, sendo, no entanto, que cepas de bactérias de uma mesma espécie podem diferir significativamente em sua tolerância aos taninos. O mecanismo de tolerância desses microrganismos ainda não está totalmente esclarecido, mas as estratégias de adaptação podem envolver a proteção das proteínas da membrana pela deposição de lipídeos (PELL *et al.*, 2000), formação de um espesso glicocálix e secreção de polissacarídeos com alta afinidade pelos taninos, reduzindo a formação de complexos com outras moléculas, assim como

enzimas microbianas, essenciais para o crescimento dos microrganismos (SCALBERT, 1991; McSWEENEY *et al.* 2001).

Efeito dos taninos no processo de ensilagem

Em relação ao processo de ensilagem, os taninos têm sido apontados como protetores da degradação protéica de forragens (SALAWU *et al.*, 1999; KONDO *et al.*, 2004), pela inibição de enzimas vegetais e microbianas ou pela capacidade de formar complexos com a fração protéica, reduzindo sua degradabilidade e, conseqüentemente, sua disponibilidade (MAKKAR, 2003). Essas observações estão de acordo com os resultados obtidos por BERNARDINO *et al.* (1996) e GONÇALVES *et al.* (1999) que, trabalhando com diferentes híbridos de sorgo, concluíram que as silagens com alta concentração de taninos apresentaram menores valores de nitrogênio na forma de amônia (N-NH₃) como porcentagem do nitrogênio total em relação aos híbridos de menor concentração, mostrando que o maior teor de taninos diminuiu a proteólise nas silagens.

As proteínas diferem de modo significativo quanto à afinidade pelos taninos, sendo as principais características que influenciam positivamente essa associação relacionadas com o peso molecular da proteína, estrutura aberta e flexível, ponto isoelétrico e, principalmente, conteúdo de prolina, por possuir características hidrofóbicas e contribuir para a conformação mais aberta da molécula de proteína (MAGALHÃES *et al.*, 1997).

A redução na concentração de nitrogênio solúvel e proteólise durante o processo de ensilagem em gramíneas com adição de taninos foi observada por SALAWU *et al.* (1999). Os autores ainda creditam à presença de taninos a redução na degradação de proteína no rúmen e posterior digestão no intestino sem qualquer efeito adverso sobre a digestibilidade total da matéria seca e proteína, ressaltando ser possível que, em decorrência do baixo pH final da silagem, a ligação tanino-proteína pode tornar-se mais fraca, facilitando a perda de proteína no rúmen.

Apesar da ausência de evidências relacionadas à degradação de tanino condensado em condições anaeróbicas (ODENYO *et al.*, 2001; MAKKAR, 2003). CUMMINS (1971), ao observar acréscimo na digestibilidade *in vitro* da matéria seca em silagem de sorgo com alta concentração de taninos, credita esse fato à inibição das

propriedades dos taninos pelo processo de ensilagem. McSWEENEY *et al.* (1999) mencionaram que os mecanismos de degradação dos taninos condensados ainda são pouco conhecidos, contudo é possível que, em ambiente anaeróbico, a acidez do meio propicie a inativação do composto, explicando a possível degradação de taninos condensados em silagem, cujo pH em condições adequadas é ácido. Segundo KONDO *et al.* (2004), durante a fermentação ocorrida no processo de ensilagem, a atividade microbiana pode degradar taninos condensados a polifenóis de baixo peso molecular.

Outro aspecto interessante abordado por CUMMINS (1971) é a determinação da concentração de taninos nas folhas e colmo, o que é ignorado pela grande maioria dos trabalhos realizados com sorgo, ao considerar que os taninos estão presentes apenas nos grãos. O autor relata valores médios de 6% de taninos condensados presentes nas folhas e colmo, ultrapassando a concentração de 4% observada nos grãos em um dos híbridos avaliados em seu estudo (F-64). No entanto, CUMMINS (1971) observou ainda que o processo de ensilagem foi eficaz em reduzir a concentração de tanino no grão, mas sua concentração nas folhas e colmo foi pouco afetada, podendo, dessa forma, afetar o processo de digestão nos animais.

Avaliando o processo de fermentação em silagens, BERNARDINO *et al.* (1996) observaram redução na digestibilidade *in vitro* da matéria seca dos híbridos de sorgo, diminuição mais acentuada nos híbridos de altos teores de taninos, o resultado apresentado podendo indicar a possibilidade de não ter ocorrido inativação dos taninos presentes na forragem, resultando assim na queda da digestibilidade *in vitro* ou, de outra forma, reafirmando os dados demonstrados por CUMMINS (1971), nos quais a inativação ocorreu apenas nos taninos presentes nos grãos, não afetando folhas e colmo.

A literatura não é consensual no que se refere à degradação de taninos condensados, sendo necessário o desenvolvimento de estudos que forneçam informações mais precisas acerca do efeito do pH e ação de microrganismos na degradação desses compostos.

Efeito dos taninos sobre o metabolismo animal

Os taninos podem ser responsáveis por efeitos adversos ou benéficos ao metabolismo

animal, dependendo de suas características estruturais, concentração no alimento, estágio fisiológico do animal e composição da dieta (SCHOFIELD *et al.*, 2001; MAKKAR, 2003; PUCHALA *et al.*, 2005). Portanto, atribuir aos taninos apenas efeitos antinutricionais pode conduzir a interpretações errôneas, uma vez que esses compostos podem apresentar vantagens quando fornecidos aos ruminantes.

Em revisão realizada por BARRY e McNABB (1999), o fornecimento de taninos condensados oriundo de *Lotus corniculatus* na concentração de 3% a 4% da matéria seca (MS), aumentou a absorção intestinal de aminoácidos essenciais, sem afetar o consumo. Segundo os autores, concentrações em torno de 0,5% na MS da dieta podem evitar a ocorrência de timpanismo espumoso, em razão da redução na degradabilidade ruminal da proteína. Concentrações médias de 1% a 2% na MS, em leguminosas, não parecem causar efeito sobre a digestão da proteína (PONCET e RÉMOND, 2002). Quando fornecido em altas concentrações (6% a 12% na MS), pode haver depressão do consumo voluntário e redução na eficiência do processo digestivo e produtividade animal em estudos realizados com leguminosas (FRUTOS *et al.*, 2002).

A capacidade dos taninos em ligar-se à proteína da saliva e da mucosa da cavidade oral, produzindo sensação de adstringência e queda na palatabilidade, parece ser a principal causa da redução no consumo voluntário (BROOKER *et al.*, 2000). DAWSON *et al.* (1999), ao fornecerem taninos condensados para ovinos, concluíram que concentrações de 5% na MS foram suficientes para causar redução na utilização de nutrientes e desempenho dos animais. Entretanto, VITTI *et al.* (2005) afirmam que, não obrigatoriamente, a generalização de que concentrações entre 2% a 4% na MS produzem efeito benéfico, e valores superiores a 5% são responsáveis por danos ao metabolismo animal é verdadeira, devendo considerar outros aspectos referentes à composição da planta.

A espécie forrageira utilizada também pode refletir de forma decisiva no efeito causado pelos taninos. Deve-se atentar para o fato de que, grande parte dos trabalhos que objetivam determinar o efeito dos taninos sobre o metabolismo animal são realizados com leguminosas (FRUTOS *et al.*, 2002; MOUJAHED *et al.*, 2005; GUIMARÃES-BEELLEN *et al.*, 2006), sendo, normalmente, a proteção contra

degradação protéica no rúmen o principal efeito associado à presença de taninos condensados na dieta. Sabe-se que as leguminosas, por possuírem alta proporção de proteína solúvel, estão sujeitas à maior degradação e perdas de proteína no rúmen na forma de amônia, quando comparadas às gramíneas. É possível que o efeito benéfico dos taninos, referente ao maior fluxo de aminoácidos para absorção no intestino, seja mais pronunciado em leguminosas, ao considerar a proteção conferida pelos taninos à proteína no rúmen, ao passo que, nas gramíneas, a degradação ocorre, naturalmente, de forma lenta.

O pH parece possuir um papel fundamental na formação do complexo tanino-proteína, sendo favorável em pH com variação de 3,5 a 7,0. Em caso de pH superior a 8,0, o complexo tende a ser desfeito rapidamente e, em pH 1,0 a 3,0, cerca de 90% da proteína está na forma livre (LEINMÜLLER *et al.*, 1991). Nos ruminantes, a formação do complexo é favorecida no rúmen, onde o pH se encontra em torno de 6,0 a 6,5, dissociando-se ao chegar ao abomaso, onde o pH está em torno de 2,0, permitindo a ação de peptidases (LEINMÜLLER *et al.*, 1991). Na ausência de outras forças de interação, a formação do complexo tanino-proteína é maximizada no ponto isoelétrico da proteína a ser ligada, onde a força eletrostática é mínima, evitando a agregação das proteínas (PEREZ-MALDONADO *et al.*, 1995). A presença de íons inorgânicos (cálcio, magnésio, sódio e potássio) é também citada por PEREZ-MALDONADO *et al.* (1995) como essencial para a formação do complexo no pH ruminal.

A presença de teores moderados de taninos condensados no rúmen está relacionada à proteção da proteína da dieta contra a degradação pelos microrganismos ruminais, aumentando o fluxo de proteína para absorção no intestino (MIN *et al.*, 2003; MUETZEL e BECKER, 2006). No entanto, a estabilidade do complexo tanino-proteína é dependente da afinidade entre o tanino e a proteína ou outras macromoléculas, determinando a reversibilidade do processo no intestino (MAKKAR, 2003). Avaliando a degradação de Rubisco (ribulose-1,5-bifosfato carboxilase/oxigenase), principal proteína da folha de leguminosas, AERTS *et al.* (1999) observaram que a ação dos taninos condensados sobre sua degradação pode ocorrer pela interação direta com a proteína e/ou com enzimas proteolíticas de origem microbiana.

O efeito benéfico dos taninos, além da proteção contra degradação da proteína ruminal,

também pode se estender refletindo-se em maior eficiência de síntese de proteína microbiana (MAKKAR, 2003), com aumento no fluxo de nitrogênio não amoniacal para o intestino (SLIWINSKI *et al.*, 2002). A redução na taxa de digestão dos alimentos pelos taninos pode otimizar o sincronismo na liberação de nutrientes (fonte de energia e nitrogênio), maximizando a produção de proteína pelos microrganismos. Entretanto, McSWEENEY *et al.* (2001) citaram que o maior fluxo de proteína digestível da dieta para o intestino delgado pode ser contrabalançado pelo aumento de perdas endógenas de proteína, decorrente da interação entre taninos condensados dissociados e proteínas estruturais da mucosa intestinal.

O efeito deletério dos taninos sobre a digestão da fibra é considerado como um efeito antiqualitativo secundário em relação à digestão da proteína. No entanto, estudos têm demonstrado que a digestão ruminal da fibra foi reduzida em animais que consumiram *Lotus pedunculatus* (9,5% de taninos condensados na MS) ou *Calliandra calothyrsus* (6% taninos condensados) (McSWEENEY *et al.*, 2001). Os taninos podem reduzir a digestão da fibra por meio da complexação com a lignocelulose e evitar a digestão microbiana, agir inibindo diretamente os microrganismos celulolíticos ou ambos. Considerando-se que taninos podem afetar diretamente populações específicas de microrganismos no rúmen, é importante determinar o quanto da eficiência de síntese de proteína microbiana (g de nitrogênio microbiano/kg matéria orgânica digerida) é afetada. McSWEENEY *et al.* (2001) encontraram que, apesar dos taninos presentes na *Calliandra* (2% - 3% na MS) terem reduzido a população de bactéria que digere fibra, o efeito sobre o metabolismo dos microrganismos ruminais não foi suficiente para alterar a eficiência de síntese de proteína microbiana.

Por meio da utilização de cevada com adição de taninos condensados (8,3% na MS), HERVÁS *et al.* (2003) observaram efeito negativo sobre a degradabilidade da fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA), sobrepondo o efeito sobre a fração protéica do alimento, citando ainda que o efeito dos taninos condensados sobre a fermentação ruminal é dose dependente, e que a administração de 2,8% em base de MS na dieta não causou qualquer efeito adverso sobre a fermentação ruminal.

Outro efeito benéfico associado ao

fornecimento de taninos é a redução da população de parasitas internos em carneiros (MIN *et al.*, 2003). Segundo BARRY e McNABB (1999), dois principais mecanismos estão envolvidos. Inicialmente, o aumento no suprimento de aminoácidos para absorção no intestino, pela ação dos taninos, parece compensar a perda de proteína causada pelos parasitas, estimulando o sistema imune. Outra possibilidade é a ação direta dos taninos sobre as larvas dos parasitas durante a passagem pelo trato intestinal.

Determinados polímeros sintéticos, como polivinilpirrolidona (PVP) e polietilenoglicol (PEG), possuem a capacidade de formar fortes pontes de hidrogênio com grupos hidroxilas dos polifenóis por causa do alto número de moléculas de oxigênio em suas cadeias (SILANIKOVE *et al.*, 2001). Essa propriedade complexante, em especial para os PEG com peso molecular de 3500 ou 4000, tem sido utilizada em vários trabalhos com objetivo de estabelecer o efeito antinutricional da utilização de taninos na alimentação animal (AHARONI *et al.*, 1998; PRIOLO *et al.*, 2002; BEN SALEM *et al.*, 2003). Segundo MAKKAR (2003), o PEG possui o potencial de aumentar a utilização de dietas contendo alto teor de taninos, sendo também responsável pela quebra de complexos tanino-proteína, em função de sua maior afinidade pelos taninos do que as proteínas.

Aspectos ambientais

Como resultado da otimização do processo fermentativo no rúmen, pelo maior sincronismo na liberação de nutrientes para o metabolismo microbiano, reflexos positivos podem ser obtidos em redução na excreção de nitrogênio (MAKKAR, 2003). Outro aspecto abordado pelo autor refere-se à presença de nitrogênio ligado aos taninos nas fezes. A presença de taninos ocasiona partição do nitrogênio, fazendo com que menor proporção seja excretada pela urina, direcionando sua excreção para as fezes. O fato de estar complexado faz com que a liberação do nitrogênio para o ambiente seja mais lenta, possibilitando maximizar o uso desses dejetos para manutenção da fertilidade do solo em pastagens e culturas por períodos mais prolongados. Deve-se, no entanto, considerar a utilização de baixas concentrações de taninos na dieta, de forma que a partição do nitrogênio não afete a disponibilidade do nutriente para o metabolismo animal.

O possível efeito dos taninos como

redutores da emissão de metano de origem ruminal vem, mais recentemente, despertando interesse, tendo em vista os esforços concentrados com o intuito de reduzir a emissão do gás para a atmosfera. De acordo com WOODWARD *et al.* (2001), o fornecimento de dietas contendo 2,59% de taninos condensados na MS (*Lotus corniculatus*), propiciou menor produção de metano por unidade de matéria seca ingerida por bovinos. Apesar dos autores não encontrarem explicação conclusiva para o fato, eles sugerem que pode ter havido efeito deletério da presença dos taninos sobre as bactérias metanogênicas, corroborando a afirmação de SCALBERT (1991), em que a catequina (tanino condensado), quando na forma oxidada, é um agente fortemente inibidor de bactérias metanogênicas.

Em virtude da constatação de que o metano é um potencial agente causador do efeito estufa, e que a fermentação no trato gastrointestinal de ruminantes pode representar importante papel na emissão do gás, maior atenção tem sido dada à produção animal no que se refere aos aspectos que possam afetar a produção do metano.

CONCLUSÕES

Os estudos com enfoque na avaliação dos taninos condensados, especialmente em gramíneas, e os fatores que podem afetar seu reflexo sobre o desempenho animal, como concentração, reatividade e composição da dieta, ainda apresentam lacunas. A adequada caracterização do perfil e reatividade dos taninos condensados, associada a ensaios que avaliam seu efeito sobre o metabolismo e desempenho animal, poderá esclarecer e definir qual o real potencial de utilização de forrageiras taniníferas na nutrição de ruminantes.

REFERÊNCIAS

AERTS, R.J.; McNABB, W.C.; MOLAN, A.; BRAND, A.; BARRY, T.N.; PETERS, J.S. Condensed tannins from *Lotus corniculatus* and *Lotus pedunculatus* exert different effect on the *in vitro* rumen degradation of ribulose-1,5-bisphosphate carboxylase/oxygenase (Rubisco) protein. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.79, p.79-85, 1999.

AGANGA, A.A.; MONASE, K.W. Tannin content, nutritive value and dry matter digestibility of *Lonchocarpus capasa*, *Zizyphus mucronata*, *Sclerocarya birrea*, *Kirkia acuminata* and *Rhus lancea* seeds. **Animal Feed Science and Technology**, v.91, p.107-113, 2001.

AHARONI, Y.; GILBOA, N.; SILANIKOVE, N. Models of suppressive effect of tannins. Analysis of the suppressive effect of tannins on ruminal degradation by compartmental models. **Animal Feed Science and Technology**, v.71, p.251-267, 1998.

BARROSO, F.G.; MARTÍNEZ, T.F.; PAZ, T.; ALADOS, C.L.; ESCÓS, J. Relationship of *Peiploca laevigata* (Asclepidaceae) tannins to livestock herbivory. **Journal of Arid Environments**, v.53, p.125-135, 2003.

BARRY, T.N.; McNABB, W.C. The implications of condensed tannins on the nutritive value of temperate forages fed to ruminants. **British Journal of Nutrition**, v. 81, p.263-272, 1999.

BEN SALEM, H.; BEN SALEM, I.; NEFZAOU, A.; BEN SAÏD, M.S. Effect of PEG and olive cake feed blocks supply on feed intake, digestion, and health of goats given kermes oak (*Quercus coccifera* L.) foliage. **Animal Feed Science and Technology**, v.110, p.45-59, 2003.

BERNARDINO, M.L.A.; RODRIGUEZ, N.M.; SANTANA, A.A.C. Influência dos taninos sobre a fração de nitrogênio amoniacal e DIVMS em híbridos de sorgo de porte médio de colmos suculentos e secos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 31., 1996, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1996. p.443-445.

BROOKER, J.D.; O'DONOVAN, L.; SKENE, I. BLACKALL, L.; MUSLERA, P. *Streptococcus caprinus* sp. Nov., a tannin-resistant ruminal bacterium from feral goats. **Letters Applied of Microbiology**, v.18, p.313-318, 1994.

BROOKER, J.D.; O'DONOVAN, L.; SKENE, I. BLACKALL, L.; MUSLERA, P. Mechanisms of tannin resistance and detoxification in the rumen. In: TANNINS IN LIVESTOCK AND HUMAN NUTRITION, 2000, Adelaide. **Proceedings...** Adelaide: ACIAR, 2000. p.117-122.

CUMMINS, D.G. Relationships between tannin content and forage digestibility in sorghum. **Agronomy Journal**, v.63, p.500-502, 1971.

- DAWSON, J.M.; BUTTERY, P.J.; JENKINS, D.; WOOD, C.D.; GILL, M. Effect of dietary quebracho tannin on nutrient utilization and tissue metabolism in sheep and rats. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.79, p.1423-1430, 1999.
- FERREIRA, E.C.; NOGUEIRA, A.R. Vanillin-condensed tannin study using flow injection spectrophotometry. **Talanta**, v.51, p.1-6, 2000.
- FRUTOS, P.; HERVÁS, G.; RAMOS, G.; GIRÁLDEZ, F.J.; MANTECÓN, A.R. 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**, v.92, p.215-226, 2002.
- GUIMARÃES-BEELLEN, P.M.; BERCHIELLI, T.T.; BEELLEN, R.; MEDEIROS, A.N. Influence of condensed tannins from Brazilian semi-arid legumes on ruminal degradability, microbial colonization and ruminal enzymatic activity in Saanen goats. **Small Ruminant Research**, v.61, p.35-44, 2006.
- GONÇALVES, L.C.; RODRIGUEZ, N.M.; NOGUEIRA, F.S.; BORGES, A.L.C.C.; ZAGO, C.P. Silagem de sorgo de porte baixo, com diferentes teores de tanino e de umidade no colmo. III - Quebra de compostos nitrogenados. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.51, p.571-576, 1999.
- HERVÁS, G.; FRUTOS, P.; GIRÁLDEZ, F.J.; MANTECÓN, A.R.; DEL PINO, M.C.A. Effect of different doses of quebracho tannins extract on rumen fermentation in ewes. **Animal Feed Science and Technology**, v.109, p.65-78, 2003.
- KONDO, M.; KITA, K.; YOKOTA, H. Feeding value to goats of whole-crop oat ensiled with green tea waste. **Animal Feed Science and Technology**, v.113, p.71-81, 2004.
- JASMAN, A.J.M. Tannins in feedstuffs for simple-stomached animals. **Nutrition Research Reviews**, v.6, p.209-236, 1993.
- LANDAU, S.; SILANIKOVE, N.; NITSAN, Z.; BARKAI, D.; BARAM, H.; PROVENZA, F.D.; PEREVOLOTSKY, A. Short-term changes in eating patterns explain the effects of condensed tannins on feed intake in heifers. **Applied Animal Behaviour Science**, v.69, p.199-213, 2000.
- LASCANO, C.E.; SCHMIDT, A.; BARAHONA, R. Forage quality and the environment. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 2001, São Pedro. **Proceedings...** São Pedro: FEALQ, 2001. p.351-356.
- LEINMÜLLER, E.; STEINGASS, H.; MENKE, K. Tannin in ruminant feedstuffs. **Animal Research and Development**, v.33, p.9-62, 1991.
- LOWRY, J.B.; McSWEENEY, C.S.; PALMER, B. Changing perception of the effect of plant phenolics on nutrient supply in the ruminant. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.49, p.829-842, 1996.
- MAASS, B. L.; LASCANO, C.E.; CÁRDENAS, E.A. La leguminosa arbustiva *Codariocalyx gyroides*. Valor nutritivo y aceptabilidad en el piedemonte amazónico, Cquetá, Colombia. **Pasturas Tropicales**, v.18, p.10-16, 1996.
- MAGALHÃES, P.C.; RODRIGUES, W.A.; DURÃES, F.O.M. **Tanino no grão de sorgo: bases fisiológicas e métodos de determinação**. Sete Lagoas: EMBRAPA/CNPMS, 1997. 26p. (Circular Técnico, 27).
- MAKKAR, H.P.S. Effect and fate of tannins in ruminant animals, adaptation to tannins, and strategies to overcome detrimental effects of feeding tannin-rich feeds. **Small Ruminant Research**, v.49, p.241-256, 2003.
- MAKKAR, H.P.S.; BLÜMEL, M.; BECKER, K. *In vitro* effect of and interactions between tannins and saponins and fate of tannins in the rumen. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.69, p.481-493, 1995.
- McSWEENEY, C.S.; PALMER, B.; BUNCH, R.; KRAUSE, D.O. Isolation and characterization of proteolytic ruminal bacteria from sheep and goats fed tannin-containing shrub legume *Calliandra calothyrsus*. **Applied Environment Microbiology**, v.65, p.3075-3083, 1999.
- McSWEENEY, C.S.; PALMER, B.; McNEILL, D.M.; KRAUSE, D.O. Microbial interactions with tannins: nutritional consequences for ruminants. **Animal Feed Science and Technology**, v.91, p.83-93, 2001.
- MIN, B.R.; BARRY, T.N.; ATTWOOD, G.T.; McNABB, W.C.. The effect of condensed tannins on the nutrition and health of ruminants fed fresh temperate forages: a review. **Animal Feed Science and Technology**, v.106, p.3-19, 2003.
- MOUJAHED, N.; BEN SALEM, H.; KAYOULI, C. Effects of

frequency of polyethylene glycol and protein supplementation on intake and digestion of *Acacia cyanophylla* Lindl. foliage fed to sheep and goats. **Small Ruminant Research**, v.56, p.65-73, 2005.

MUELLER-HARVEY, I. Analysis of hydrolysable tannins. **Animal Feed Science and Technology**, v.91, p.3-20, 2001.

MUETZEL, S.; BECKER, K. Extractability and biological activity of tannins from various tree leaves determined by chemical and biological assays as affected by drying procedure. **Animal Feed Science and Technology**, v. 125, p.139-149, 2006.

MUPANGWA, J.F.; ACAMOVIC, T.; TOPPS, J.H.; NGONGONI, N.T.; HAMUDIKUWANDA, H. Content of soluble and bound condensed tannins of three tropical herbaceous forage legumes. **Animal Feed Science and Technology**, v.83, p.139-144, 2000.

ODENYO, A.A.; BISHOP, R.; ASEFA, G.; JAMNADASS, R.; ODONGO, D.; OSUJI, P. Characterization of tannin-tolerance bacterial isolates from East African ruminants. **Anaerobe**, v.7, p.5-15, 2001.

PELL, A.N.; WOOLSTON, T.K.; NELSON, K.E.; SCHOFIELD, P. Tannins: biological activity and bacterial tolerance. In: TANNINS IN LIVESTOCK AND HUMAN NUTRITION, 2000, Adelaide. **Proceedings...** Adelaide: ACIAR, 2000. p.111-116.

PEREZ-MALDONADO, R.A.; NORTON, B.W. The effect of condensed tannins from *Desmodium intortum* and *Calliandra calothyrsus* on protein and carbohydrate digestion in sheep and goats. **British Journal of Nutrition**, v.76, p.515-533, 1996.

PEREZ-MALDONADO, R.A.; KERVEN, G.L. Factors affecting *in vitro* formation of tannin-protein complexes. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.69, p.291-298, 1995.

PONCET, C.; RÉMOND, D. Rumen digestion and intestinal nutrient flows in shepp consuming pea seeds: the effect of extrusion or chestnut tannin addition. **Animal Research**, v.51, p.201-216, 2002.

PRIOLO, A.; LANZA, M.; BELLA, M.; PENNISI, P.; FAZONE, V.; BIONDI, L. Reducing the impact of condensed tannins in a diet based on carob pulp using two level of polyethylene glycol: lamb growth, digestion and meat quality. **Animal Research**, v.51, p.305-313, 2002.

PUCHALA, R.; MIN, B.R.; GOETSCH, A.L.; SAHLU, T.. The effect of a condensed tannin-containing forage on methane emission by goats. **Journal of Animal Science**, v.83, p.182-186, 2005.

REED, J. Nutritional toxicology of tannins and related polyphenols in forage legumes. **Journal of Animal Science**, v.73, p.1516-1528, 1995.

SALAWU, M.B.; ACAMOVIC, T.; STUART, C.S.; HVELPLUND, T.; WEISBJERG, M.R. The use of tannins as silage additive: effect on silage composition and mobile bag disappearance of dry matter and protein. **Animal Feed Science and Technology**, v.82, p.243-259, 1999.

SCALBERT, A. Antimicrobial properties of tannins. **Phytochemistry**, v.30, p.3875-3883, 1991.

SCHOFIELD, P.; MBUGUA, D.M.; PELL, A.N. Analysis of condensed tannins: a review. **Animal Feed Science and Technology**, v.91, p.21-40, 2001.

SILANIKOVE, N.; PEREVOLOTSKY, A.; PROVENZA, F.D. Use of tannin-binding chemicals to assay for tannins and their negative postingestive effects in ruminants. **Animal Feed Science and Technology**, v.91, p.69-81, 2001.

SINGH, B.; BHAT, T.K.; SHARMA, O.P. Biodegradation of tannic in an *in vitro* ruminal system. **Livestock Production Science**, v.68, p.259-262, 2001.

SLIWINSKI, B.J.; SOLIVA, C.R.; MACHMÜLLER, K.M. Efficacy of plant extracts rich in secondary constituents to modify rumen fermentation. **Animal Feed Science and Technology**, v.101, p.101-114, 2002.

VITTI, D.M.S.S.; ABDALA, A.L.; BUENO, I.C.S.; SILVA FILHO, J.C.; COSTA, C.; BUENO, M.S.; NOZELLA, E.F.; LONGO, C.; VIEIRA, E.Q.; CABRAL FILHO, S.L.S.; GODOY, P.B.; MÜLLER-HARVEY, I. Do all tannins have similar nutritional effects? A comparison of three Brazilian fodder legumes. **Animal Feed Science and Technology**, v.119, p.345-361, 2005.

WOODWARD, S.L.; WAGHORN, G.C.; ULYATT, M.J.; LASSEY, K.R. Early indications that feeding Lotus will reduce methane emissions from ruminants. In: THE NEW ZEALAND SOCIETY OF ANIMAL PRODUCTION, 2001, Adelaide. **Proceedings...** Adelaide: ACIAR, 2001. p.23-26.