

Forragens taniníferas na produção de caprinos e ovinos

Silva, J.L.®; Guim, A.; Ferreira, M.A. e Soares, L.F.P.

Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife. Pernambuco. Brasil.

RESUMO

Os taninos são um grupo complexo de compostos polifenólicos, oriundos do metabolismo secundário das plantas. O objetivo deste estudo foi realizar um levantamento de informações sobre os efeitos da utilização de forrageiras taniníferas sobre os parâmetros ruminais, consumo e digestibilidade dos nutrientes, ganho de peso e características de carcaça, produção e composição do leite, produção de lã e atividade anti-helmíntica em ovinos e caprinos. Em concentrações moderadas (20-40 g/kg de MS), os taninos condensados reduzem a degradação ruminal da proteína dietética e aumenta o fluxo pós-ruminal de aminoácidos essenciais. Em dietas ricas em tanino (> 50 g/kg de MS) ocorre formação de complexos insolúveis principalmente com a proteína da dieta, com prejuízos à digestibilidade dos nutrientes, redução no consumo voluntário devido à adstringência da dieta, além de prejuízos à atividade microbiana e eficiência digestiva ruminal. Na presença de taninos condensados solúveis, espécies bacterianas ruminais responsáveis pela atividade de endoglucanase e bactérias metanogênicas são afetadas. Para se atenuar os efeitos dos taninos e outros compostos secundários em forrageiras tropicais e temperadas tem sido utilizado o polietileno glicol (PEG). Os efeitos positivos são caracterizados por aumento na produção de leite, alteração do perfil lipídico do leite e da carne, crescimento de lã e ganho de peso. As infecções parasitárias são reduzidas na presença de taninos por reduzir a disponibilidade de nutrientes para os nematoides, complexação dos taninos à cutícula glicoproteica dos vermes e efeito tóxico sobre a mucosa abomasal e intestinal. Sugere-se que concentrações de taninos não ultrapassem 6-7% da matéria seca da dieta. Assim, há necessidade de novas pesquisas voltadas a esclarecer questões relacionadas com esse tema.

Tanniniferous fodders in the production of goats and sheep

SUMMARY

Tannins are a complex group of polyphenolic compounds, derived from secondary plant metabolism. The aim of this study was to conduct a survey of information on the effects of using tanniniferous forage on ruminal parameters, intake and digestibility of nutrients, weight gain and carcass traits, milk production and composition, wool production activity and anti-helminth in sheep and goats. At moderate concentrations (20-40 g/kg DM), tannins reduce the ruminal degradation of dietary protein and increase the post-rumen flow of essential amino acids. In tannin rich diets (> 50 g/kg DM) there is formation of insoluble complexes, mainly with the protein diet, which damage the digestibility of nutrients, reduce voluntary intake due to diet astringency, and damage microbial activity and ruminal digestive efficiency. In the presence of soluble tannins, ruminal bacterial species responsible for endoglucanase activity and methanogenic bacteria are affected. To mitigate the effects of tannins and other secondary compounds in tropical and temperate fodder, polyethylene glycol (PEG) has been used. Positive effects are characterized by an increase in milk production, an altered fatty acid profile of milk and meat, wool growth, and weight gain. The parasitic infections are reduced with the tannins presence due to the reduction in the availability of nutrients for nematodes, complexing the tannins glycoprotein cuticle of the worms and toxic effect on the abomasal and intestinal mucosa. It is suggested that tannin concentrations do not exceed 6-7% of the diet dry matter. Therefore, more research is required in order to clarify the issues related to this topic.

PALAVRAS-CHAVE ADICIONAIS

Polímeros polifenólicos.
Consumo.
Efeito anti-helmíntico.
Fator antinutricional.
Proteína.

ADDITIONAL KEYWORDS

Antihelmintic effect.
Antinutritional factor.
Intake.
Polyphenolic polymers.
Protein.

INFORMACIÓN

Cronología del artículo.
Recibido/Received: 10.02.2015
Aceptado/Accepted: 05.08.2016
On-line: 15.10.2016
Correspondencia a los autores/Contact e-mail:
silva_janainalima@yahoo.com.br

INTRODUÇÃO

Os taninos são um grupo complexo de compostos polifenólicos, oriundos do metabolismo secundário das plantas, que funcionam como defesa contra predadores (herbívoros, patógenos ou plantas competidoras por nutrientes e luz), conservadores de energia e nitrogênio, e protetores contra os efeitos deletérios dos raios

ultravioletas (Acamovic e Brooker, 2005; Waghorn e McNabb, 2003).

Os taninos presentes nas espécies vegetais podem agir de forma benéfica ou adversa quando utilizados na alimentação animal, dependendo do tipo (condensado ou hidrolisável) (Makkar, 2003), concentração na planta, espécie vegetal, composição nutricional da die-

ta, categoria e estado fisiológico do animal (Kumar e Singh, 1984).

Quando presentes em altos níveis na dieta de ruminantes, os taninos funcionam como fator antinutricional, agindo de forma tóxica tanto para o animal (Arcuri *et al.*, 2011) quanto para os microrganismos ruminais, mediante a formação de complexos fortemente ligados entre proteína e tanino, interferindo na adesão microbiana e reduzindo a digestibilidade dos nutrientes (Valadares Filho e Pina, 2011). Entretanto, o fornecimento de dietas com baixos níveis de tanino pode promover melhoria na fermentação ruminal (Morais *et al.*, 2011) e no desempenho dos animais. Os efeitos benéficos devem-se ao aumento na liberação de nutrientes e melhoria do sincronismo entre energia e proteína durante a fermentação, permitindo incrementos na síntese microbiana (Makkar, 2003) e no fluxo de aminoácidos essenciais destinados à manutenção e produção animal (Waghorn e Shelton, 1997).

As pesquisas realizadas mundialmente utilizando-se forrageiras taniníferas na alimentação de ruminantes são de interesse econômico, social e ambiental, visto que os resultados da utilização de taninos oriundos de espécies como *Acacia mearnsii* (Max, 2010), *Ceratonia siliqua* (Lanza *et al.*, 2001), *Schinopsis lorentzii* (Hervás *et al.*, 2003; Vasta *et al.*, 2009; Luciano *et al.*, 2009; Toral *et al.*, 2011), *Onobrychis viciifolia* (Hoste *et al.*, 2005), *Hedysarum coronarium* (Molle *et al.*, 2009; Bonamo *et al.*, 2011) e *Lotus corniculatus* (Min *et al.*, 2001), mostraram efeitos positivos sobre o ganho de peso, produção de leite, produção de lã e atividade anti-helmíntica. No Brasil, em especial na região Nordeste, grande parte dos sistemas de criação de pequenos ruminantes baseia-se na utilização de espécies nativas da caatinga ricas em tanino. Dentre estas podem ser citadas a *Caesalpinea bracteosa*, *Mimosa hostilis*, *Mimosa caesalpinifolia* e *Bauhinia cheilantha* (Gonzaga Neto *et al.*, 2001; Guimarães-Beelen *et al.*, 2006a).

Os resultados sobre a utilização de forragens taniníferas na produção de caprinos e ovinos ainda são contraditórios, o que torna a pesquisa com taninos importante do ponto de vista nutricional. De acordo com Ben Salem *et al.* (2005a) as pesquisas com plantas taniníferas devem se focar na melhoria do suprimento de proteína pós-ruminal para animais de produção. Ainda, Oliveira *et al.* (2011) relataram a necessidade de mais estudos a respeito do mecanismo de ação dos taninos condensados sobre os nematoides gastrointestinais, para que as forragens taniníferas sejam consideradas alternativas eficazes no controle do parasitismo em pequenos ruminantes. Assim, o objetivo deste estudo foi realizar um levantamento de informações sobre os efeitos da utilização de forrageiras taniníferas sobre os parâmetros ruminais, consumo e digestibilidade dos nutrientes, ganho de peso e características de carcaça, produção e composição do leite, produção de lã e atividade anti-helmíntica em ovinos e caprinos.

CARACTERIZAÇÃO E EFEITO DOS TANINOS EM ANIMAIS RUMINANTES

Os taninos diferenciam-se de acordo com a estrutura química e concentração nas plantas, sendo classificados em condensados e hidrolisáveis (Hagerman, 2002).

Os taninos condensados ou proantocianidinas são polímeros polifenólicos da classe dos hidroflavonoides (Hagerman, 2002), não susceptíveis à degradação enzimática em meio anaeróbio (McSweeney *et al.*, 2001). Estão presentes em concentrações variadas na maioria das leguminosas forrageiras tropicais (Makkar e Becker, 1994) podendo alcançar até 300 g/kg de matéria seca (MS) (Mueller-Harvey, 2001). Formam complexos insolúveis através de pontes de hidrogênio, principalmente com a proteína da dieta (Jackson *et al.*, 1996), limitando a digestibilidade dos nutrientes e o consumo voluntário dos animais.

Os taninos hidrolisáveis, diferente dos taninos condensados, apresentam um açúcar central (D-glicose) na sua estrutura, ligado a grupos de ácido gálico (galotanino) ou ácido elágico (elagitanino) (Hagerman, 2002), sendo amplamente distribuídos em espécies arbóreas como o carvalho e a acácia, em concentrações que podem alcançar 200 g/kg de MS (Reed, 1995). O consumo excessivo pode resultar em alta mortalidade em caprinos e ovinos (Reed *et al.*, 2000), devido a hidrólise dos ésteres de galoil pela ação de tanases secretadas pelos microrganismos ruminais (Skene e Brooker, 1995) e liberação do ácido gálico, sendo metabolizado a compostos fenólicos tóxicos e estes absorvidos no rúmen (Reed *et al.*, 2000).

Os taninos hidrolisáveis (TH) e a maioria dos taninos condensados (TC) são solúveis em água, e as diferenças na solubilidade podem afetar suas funções biológicas (Ashok e Upadhyaya, 2012). Apesar dos TH apresentarem alta capacidade de se ligar à proteína, eles podem ser degradados por meio de hidrólise química (Khanbabae e Van Ree, 2001) ou por complexos enzimáticos da microflora ruminal de animais ruminantes (tais como ovinos e caprinos) (Goel *et al.*, 2005). Dentre as espécies bacterianas ruminais capazes de degradar os taninos hidrolisáveis pode se citar o *Streptococcus caprinus* (*S. gallolyticus*) (O'Donovan e Brooker, 2001) e *Enterobacter ludwigii* isolada do rúmen de caprinos (Singh *et al.*, 2012). O mecanismo de tolerância dessas espécies aos taninos ainda não está bem elucidado, mas segundo McSweeney *et al.* (2001) está relacionado às estratégias adaptativas, como secreção extracelular de polissacarídeos, que separa a parede celular microbiana a partir da formação de um glicocálice ou glicoproteína que tem alta afinidade pelos taninos. Contrariamente, os TC não são degradados por processos enzimáticos naturais e apresentam reduzida capacidade de ligação com a proteína quando comparado aos TH (Archana *et al.*, 2010).

Os taninos solúveis localizam-se normalmente nos vacúolos das folhas e quando ingeridos o processo de mastigação promove ruptura de cerca de 60% das células vegetais, promovendo formação de complexos entre taninos e proteínas da saliva e da planta (Waghorn, 2008). Além disso, podem interagir com tecidos e outros compostos dentro do trato gastrointestinal (TGI), ou passarem intactos, combinar com sais biliares e serem então excretados nas fezes (Acamovic e Brooker, 2005).

Embora os taninos condensados sejam hidrofílicos e solúveis em água, isso não permite a sua absorção no TGI, prejudicando a adesão microbiana aos substratos e elevando as perdas endógenas e os danos ao epitélio digestivo (McSweeney *et al.*, 2001).

Quando presentes em concentrações moderadas nas forrageiras (20-40 g/kg de MS), os taninos condensados podem exercer efeitos benéficos sobre o metabolismo proteico de ruminantes, através da redução da degradação ruminal da proteína dietética e aumento do fluxo de aminoácidos essenciais para o intestino (Salawu *et al.*, 1999). Esses efeitos refletem em aumento na produção de leite, crescimento de lã, desempenho reprodutivo, ganho de peso (Min *et al.*, 2001; Min *et al.*, 2003), melhoria do sistema imunológico e consequente redução dos efeitos prejudiciais causado por nematoides gastrointestinais (Niezen *et al.*, 1998), os quais são responsáveis por grande parte dos baixos índices zootécnicos nos sistemas de criação de ovinos e caprinos.

Em animais alimentados à vontade com forragens taniníferas, o consumo excessivo de tanino (> 50 g/kg de MS), provoca redução no consumo voluntário devido a adstringência da dieta, prejuízos sobre a atividade microbiana e eficiência digestiva ruminal (Aerts *et al.*, 1999), inibição da atividade enzimática e da permeabilidade intestinal, e consequente decréscimo na absorção de nutrientes (Walton *et al.*, 2001) e no desempenho.

O consumo de forragens taniníferas por sua vez é afetado diferentemente entre as espécies caprina e ovina. A espécie caprina é conhecida por sua melhor adaptação, o que está relacionado a mecanismos de secreção de proteínas salivares ricas em prolina (PRP) capazes de se ligarem ao tanino, evitando com isso a complexação com a proteína dietética (Landau *et al.*, 2000), e também devido à melhor capacidade da população microbiana ruminal de metabolizá-los, utilizando a energia disponível para o seu desenvolvimento (Acamovic e Brooker, 2005). De acordo com Alonso-Díaz *et al.* (2010), essas diferenças entre espécies devem-se a estratégias comportamentais e/ou fisiológicas desenvolvidas ao longo da evolução, como forma de aproveitar as propriedades nutracêuticas dos taninos e/ou as propriedades fitoterápicas (efeito anti-helmíntico) do alimento ofertado.

O consumo e a tolerância de forragens ricas em tanino por ovinos e caprinos dependerá do correto balanceamento e valor nutritivo da dieta, estado nutricional e de saúde dos animais, da experiência prévia desenvolvida a partir do consumo dessas forrageiras (Alonso-Díaz *et al.*, 2010), assim como do tempo de adaptação do animal à dieta com tanino. Dessa forma, a preferência alimentar depende não só do teor de tanino da dieta, mas também da digestibilidade da fração fibrosa e do teor de proteína bruta dietética (Alonso-Díaz *et al.*, 2009).

PARÂMETROS RUMINAIS

A microbiota ruminal e a atividade fermentativa do rúmen são afetadas de diferentes formas quando se utiliza forrageiras taniníferas nas dietas, em relação à dose de tanino condensado (TC) e o substrato incubado. Na presença de taninos condensados solúveis no

meio, espécies bacterianas ruminais responsáveis pela atividade de endoglucanase, tais como *Ruminococcus albus*, *Ruminococcus flavefaciens* e *Fibrobacter succinogenes* são fortemente inibidas (Bae *et al.*, 1993; Nelson *et al.*, 1997). Estas bactérias gram-positivas possuem apenas uma camada espessa de peptidoglicano, que por ser porosa, não impede a ação dos taninos condensados. Segundo Bae *et al.* (1993) na presença de taninos essas bactérias são submetidas a modificações morfológicas. Assim, o retardo do crescimento bacteriano está associado à formação de complexos entre os taninos e a parede celular das bactérias ou enzimas extracelulares secretadas, inibindo o transporte de nutrientes para a célula (McSweeney *et al.*, 2001).

De acordo com os trabalhos publicados é possível manipular a microbiota ruminal a partir da adição de taninos. Guimarães-Beelen *et al.* (2006a) verificaram que os taninos presentes nas folhas de Jurema Preta (*Mimosa hostilis*) e Mororó (*Bauhinia cheilantha*) influenciaram o crescimento celular de bactérias do rúmen, responsáveis pela degradação da fibra dos alimentos. Foi observado que o crescimento da bactéria *Ruminococcus flavefaciens*, importante espécie celulolítica do rúmen (Weimer *et al.*, 1991), reduziu em 80% sob o efeito de taninos (50 µg/mL de líquido ruminal) de Jurema Preta e 78% com os taninos de Mororó. Contudo, quando se utilizou o Sabiá (*Mimosa caesalpinifolia*) o crescimento da bactéria *R. flavefaciens* foi reduzido em 24%. Estes efeitos refletiram em reduções de 80, 66 e 50% na digestão da celulose, devido à inibição na atividade da enzima microbiana endoglucanase.

A população de protozoários ruminais também pode ser alterada na presença de tanino nas dietas dos ruminantes. Vaithyanathan *et al.* (2007) observaram que o consumo de 250 g de folhas de *Prosopis cineraria* (23 g de TC/kg MS) em cordeiros e cabritos permitiu desenvolvimento de maior número de protozoários ciliados, da subclasse Espirotrica, no líquido ruminal. Entretanto, com elevação do consumo de TC na dieta (69 g/kg MS) os protozoários da subclasse Holotrica, importantes armazenadores de sacarose, somente estiveram presentes no líquido ruminal de caprinos. Como os taninos formam complexos insolúveis com proteínas e carboidratos, provavelmente o maior teor dos mesmos tenha impedido a adesão dos protozoários ciliados às partículas de alimento dentro do rúmen de ovinos. Os efeitos negativos dos taninos sobre os protozoários ciliados poderiam explicar o decréscimo na fermentação ruminal, uma vez que essa população é responsável pelo engolfamento do excesso de amido do rúmen (Williams e Coleman, 1992).

Os efeitos de plantas taniníferas sobre a fermentação ruminal com foco na produção de metano (CH₄) ainda são escassos, e poucos são os estudos que identificaram decréscimo da emissão de CH₄ sem alteração nos parâmetros fermentativos ruminais (Szumacher-Strabel e Cieslak, 2010). Cieslak *et al.* (2014) verificaram redução das concentrações de amônia e CH₄, assim como redução na contagem de protozoários e bactérias metanogênicas ao utilizarem duas forragens taniníferas (*Quercus cortex* e *Vaccinium vitis idaea*) contendo 2,5 g de TC/kg MS. Kondo *et al.* (2014) verificaram maiores efeitos dos TC sobre a produção de gás e nitrogênio

amoniaco com a utilização do subproduto industrial de chá preto ao invés do subproduto de chá verde, devido à supressão da fermentação ruminal. Segundo Tavendale *et al.* (2005) os compostos fenólicos podem afetar a metanogênese através de um efeito direto sobre as bactérias metanogênicas e Archae, ou indiretamente sobre a digestão da fibra devido à redução na produção de H₂ (substrato necessário à formação de metano). Esse decréscimo na concentração de H₂ está relacionado à redução na população de protozoários, promovendo supressão da população metanogênica e da produção de CH₄ (Hess *et al.*, 2003).

De maneira geral, os efeitos sobre as populações bacterianas ruminais dependem do peso molecular e estrutura química dos taninos. Adicionalmente, Cieslak *et al.* (2014) reportaram que as bactérias podem se tornar resistentes mediante longo período de exposição aos taninos. Isso se deve à síntese de glicocálice extracelular a partir dos taninos e membrana/parede celular, degradação dos taninos e síntese de quelatos entre taninos e cátions (Patra e Saxena, 2011).

CONSUMO VOLUNTÁRIO DE ALIMENTOS E DESEMPENHO PRODUTIVO

O consumo voluntário de ruminantes pode ser reduzido na presença de altas concentrações de tanino. Segundo Kumar e Vaithyanathan (1990) a alteração na ingestão de alimentos está relacionada com os seguintes fatores: a) distensão física do rúmen, resultando em decréscimo na digestão da matéria seca; b) resposta hormonal devido à ligação dos taninos à parede do intestino; c) redução da palatabilidade da dieta causada pela adstringência; e d) ligação dos taninos às proteínas salivares e mucosa.

Avaliando-se a aceitabilidade das espécies taniníferas *Acacia seyal*, *Acacia nilotica* e *Sesbania sesban*, contendo 39,8; 21,3 e 11,0 g de TC/kg MS, Ebong (1995) verificaram maior consumo de *A. nilotica* (60,4 g/kg PV^{0,75}) e *A. seyal* (64,7 g/kg PV^{0,75}) em caprinos, apesar dos teores de tanino serem superiores aos de *S. sesban*. Em ovinos, por outro lado, não houve preferência quanto às espécies taniníferas testadas, com consumo médio observado de 69,5 g MS/kg PV^{0,75}. As distintas respostas entre as espécies animais estudadas poderiam ser atribuídas às diferenças no tempo de retenção da digesta e nas digestibilidades da MS e fibra em detergente neutro (FDN). As diferenças na degradabilidade da fibra estiveram associadas aos tipos e níveis de tanino e polifenóis nessas leguminosas. A habilidade de caprinos em concentrar nitrogênio amoniacal no rúmen é uma das razões da melhor utilização de leguminosas taniníferas, o que está relacionado à maior concentração de ureia na saliva dessa espécie comparado aos ovinos.

Outro fator importante quando se utiliza dietas taniníferas é a experiência prévia dos animais. Ben Salem *et al.* (2005b) verificaram que em cordeiros considerados *experientes*, ou seja, que tiveram contato prévio com forragens taniníferas, houve maior consumo de MS, proteína bruta (PB) e retenção de N com dietas contendo *Acacia cyanophylla* comparado a animais *inexperientes*.

Foi verificado que nos animais *inexperientes* adaptados por seis dias houve perda de peso, associado aos elevados teores de TC (59,6 g/kg MS) e lignina (175 g/kg MS). Quando se elevou o tempo de adaptação para 48 dias houve melhoria no ganho de peso, sendo semelhante aos animais *experientes*. Sugeriu-se que nos primeiros seis dias de adaptação o consumo foi controlado por mecanismos químicos, principalmente pela presença de componentes nutritivos (energia, nitrogênio, etc) e antinutricionais como os taninos. Contudo, com o aumento do tempo de adaptação às dietas com *A. cyanophylla* o consumo passou a ser controlado por mecanismos físicos, uma vez que os alimentos fibrosos consumidos permanecem por longo tempo no rúmen, permitindo que os microrganismos adequassem o tempo para digestão (Chilliard *et al.*, 1995).

O fornecimento de uma forrageira taninífera em dias alternados para cordeiros foi avaliado por Jelali e Ben Salem (2014), os quais substituíram o farelo de soja por um suplemento à base de folhas de *Moringa oleifera* (7 g de TC/kg de MS). Em intervalos de dois dias houve efeito similar sobre o consumo e digestibilidade da MS, e metabólitos sanguíneos (glicose e ureia). Contudo, maior digestibilidade da PB foi observada nas dietas contendo *M. oleifera* fornecida em dias alternados, o que segundo Makkar e Becker (1994) deve-se a alta proporção de proteína verdadeira e ou saponinas nas folhas de *M. oleifera* quando comparada ao farelo de soja.

De maneira geral, a redução acentuada no consumo em ruminantes alimentados com leguminosas contendo altas concentrações de tanino está associada à alteração na palatabilidade, aliado ao efeito negativo sobre a digestibilidade da fibra pelas ligações formadas com enzimas bacterianas e/ou formação de complexos indigestíveis com carboidratos da parede celular (Reed, 1995). De acordo Narjisse *et al.* (1995) a utilização de níveis de tanino acima de 6% da MS afeta a capacidade de fermentação do rúmen, principalmente em ovinos, que apresentam seu consumo deprimido.

Ao investigarem os efeitos da utilização de feno de *Caesalpinia bracteosa* (composto por folhas e galhos finos), durante 22 dias, em ovinos, Gonzaga Neto *et al.* (2001) verificaram redução do consumo de MS, quando o teor de taninos condensados variou de 36 a 63 g/kg de MS, superando o limite crítico de 4,0% sugerido por Reed (1995) para ovinos. Contudo, o consumo de até 79% de feno de *C. bracteosa* supriu os requerimentos de manutenção, além de não ter sido observado efeito do tanino sobre as digestibilidades da MS e PB, e também sobre o balanço de nitrogênio e de energia. A digestibilidade da fibra, contrariamente, foi prejudicada pela ação do tanino, uma vez que segundo Reed (1995) o mesmo se liga às enzimas bacterianas e/ou forma complexos indigestíveis com os carboidratos da parede celular, reduzindo a atividade das populações celulolíticas.

Em relação ao ganho de peso, Bhatta *et al.* (2007) ao substituírem 75% do concentrado comercial por folhas de *Prosopis cineraria* registraram ganhos de 126 g/dia em caprinos. Em ovinos não houve diferença quando se substituiu 25 ou 50% do concentrado, com

ganho médio de 114 g/dia. Estes resultados indicaram melhor tolerância dos caprinos aos taninos de *P. cineraria*. A vantagem de caprinos comparado aos ovinos em utilizar plantas taniníferas apresenta uma base fisiológica, devido a uma maior concentração de proteínas solúveis nas glândulas parótidas. Sendo assim, durante a alimentação os caprinos secretam mais saliva contendo maior concentração de nitrogênio do que em ovinos, ocorrendo formação de complexos entre taninos e proteínas salivares, ao invés de se ligar aos carboidratos e proteínas dos alimentos. Isso faz com que haja redução da degradabilidade ruminal da proteína do alimento, aumento da síntese de proteína microbiana e do suprimento de nitrogênio no intestino delgado, com consequente absorção de aminoácidos destinados para produção.

Um dos principais efeitos benéficos dos taninos é a melhoria da utilização do N dietético em ruminantes, uma vez que as proteínas são lentamente degradadas no rúmen (Min *et al.*, 2003). Para demonstrar tal efeito Deaville *et al.* (2010) adicionaram 55,6 g de tanino comercial de castanheira (Valretan TCK) à silagem de *azevém perene* na dieta de ovinos e observaram aumento de 155 g/dia no consumo de MS e melhoria nas digestibilidades da MS e FDN, em comparação à silagem com tanino de mimosa (Valretan MB). Os taninos de mimosa provocaram inibição da degradação da parede celular no rúmen, tanto por efeitos diretos sobre os microrganismos e enzimas microbianas, quanto pela formação de complexos com os componentes da parede celular. Redução de 8% nas digestibilidades aparentes da MS e FDN foram observadas quando se adicionou tanino de castanheira no momento do arraçãoamento dos animais, o que poderia estar relacionado à inibição da atividade microbiana de bactérias celulolíticas ruminais.

Em cabritos alimentados com 30% de farelo de *Lespedeza cuneata* (32,2 g de TC/dia ou 1,03 g TC/kg de PV), Solaiman *et al.* (2010) não verificaram nenhum efeito negativo sobre o desempenho animal, e adicionalmente houve melhoria da utilização da proteína da dieta. Este resultado esteve relacionado ao baixo consumo de tanino condensado (32,6 g/dia), aumento da proteína by-pass no rúmen e aumento do fluxo de NNP para o abomaso, que juntos proporcionaram um maior suprimento de aminoácidos destinados à produção. Jerónimo *et al.* (2010) verificaram que cordeiros alimentados com folhas e colmos de *Cistus ladanifer* (250 g de TC/kg MS) ganharam 2,2 kg de carcaça e 2,5% no teor de gordura subcutânea, com consequente aumento nas concentrações de ácidos graxos (AG) saudáveis, como o C18:1 *trans*-11, C18:1 *cis*-9 e C18:2 n-6. Vasta *et al.* (2009) verificaram aumento nas concentrações de C18:2 n-6 e do total de AG poli-insaturados (PUFA) no músculo *longissimus dorsi* de cordeiros suplementados com farelo de *Schinopsis lorentzii* (40,3 g TC/kg MS). Os efeitos dos TC sobre o perfil de ácidos graxos da carne estão relacionados com o processo de biohidrogenação ruminal, o qual é realizado por bactérias celulolíticas, tais como *Butyrivibrio fibrisolvens*. Considerando-se que a atividade microbiana é inibida na presença de taninos sugeriu-se que houve depressão da biohidrogena-

ção ruminal, com consequente acúmulo dos AG C18:2 n-6 e C18:1 *trans* na carne dos cordeiros.

No músculo *semimembranosus* refrigerado durante 14 dias em atmosfera rica em oxigênio, Luciano *et al.* (2009) verificaram redução da formação de metamioglobina e aumento da concentração do pigmento heme, devido a capacidade protetora dos taninos de *S. lorentzii* contra a oxidação da mioglobina. Luciano *et al.* (2011) verificaram menor formação de metamioglobina no músculo *longissimus dorsi* de cordeiros suplementados com extrato comercial (em pó) de *S. lorentzii* (89,6 g TC/kg de MS), após três dias de estocagem, indicativo de menor oxidação da mioglobina. Em um período de sete dias de estocagem aeróbia ocorreu maior estabilidade da cor do músculo e aumento de 31% de fenóis totais, refletindo em alta capacidade de sequestro de radicais livres (+25%). De acordo com Déprez *et al.* (2001) a atividade antioxidante dos compostos fenólicos depende da possibilidade de sua absorção no trato gastrointestinal, sendo afetada fortemente pelo grau de polimerização. Apesar da alta concentração de taninos em *S. lorentzii*, existe uma microflora intestinal capaz de metabolizar os TC, levando à despolimerização em pequenas partículas que podem ser absorvidas no trato gastrointestinal e transferidas para o tecido muscular. Os taninos modificam, portanto, o perfil de ácidos graxos da carne, podendo afetar indiretamente a susceptibilidade ao processo de oxidação (Vasta *et al.*, 2007), melhorando assim a capacidade antioxidativa.

Utilizando-se polpa de *alfarroba* (*Ceratonia siliqua* L.), contendo 3,8 g de TC/kg de MS, Lanza *et al.* (2001) verificaram que os atributos sensoriais (sabor, maciez e suculência) testados no músculo *longissimus dorsi* de cordeiros foram afetados negativamente pelo tanino da dieta, resultando em menor aceitabilidade pelos avaliadores. Contrariamente, Bonanno *et al.* (2011) ao utilizarem forragem fresca de *Hedysarum coronarium* L. (*sulla*) na dieta de cordeiros não verificaram efeitos negativos sobre a cor e sabor do músculo *longissimus dorsi*, mesmo com a ingestão de 20,3 g de TC/kg de MS. Os efeitos benéficos da utilização de *sulla* tem sido atribuído ao alto conteúdo proteico e de carboidratos solúveis, bem como ao moderado conteúdo de TC. A concentração moderada de TC (<60 g/kg MS) na *sulla* protege as proteínas da degradação ruminal e aumenta o fluxo de proteína para o intestino, melhorando sua utilização e desempenho animal (Min *et al.*, 2003). Este resultado demonstra que a ação do tanino sobre o desempenho animal e atributos sensoriais depende não somente da dose testada, mas também da fonte utilizada.

Em ovinos leiteiros, a utilização de dois extratos comerciais de taninos condensados (TC) e hidrolisáveis (TH) (10 g/kg MS) de *S. lorentzii* e *Castanea sativa* não alterou as concentrações de ácido vacênico (C18:1 *trans*-11) e rumênico (C18:2 *cis*-9 *trans*-11) do leite, mesmo adicionando-se óleo de girassol às dietas, fato que poderia estar relacionado à dose e tipo de tanino utilizado, ou pela ação conjunta de ambos (Toral *et al.*, 2011). A dose estudada também não foi capaz de alterar o consumo de MS (2.551 g/dia), produção de leite (1,84 kg/dia) e teores de gordura (5,66%) e proteína (4,84%) do leite. Segundo McSweeney *et al.* (2001) os TH são

prontamente degradados pela microbiota ruminal, o que justifica a ausência de efeitos negativos sobre a digestão dos nutrientes. Ao se avaliar a qualidade do leite de cabras leiteiras mantidas em pastagem de *Lespedeza cuneata* (152 g de TC/kg MS), Min *et al.* (2005) verificaram redução considerável na contagem de células somáticas (CCS) do leite, mas o mecanismo de ação dos TC sobre a CCS ainda não é conhecido, sendo necessário mais investigações.

Em ovinos lanados, assim como em ovinos de corte ou leiteiros, os efeitos da presença de tanino nas dietas variam conforme a dosagem e espécie vegetal utilizada. Dey *et al.* (2008) registraram maior consumo de MS em cordeiros alimentados com folhas de *Ficus infectoria* (15 g de TC/kg MS), refletindo em maior produção total de lã devido à redução da degradação proteica ruminal e aumento do suprimento de aminoácidos essenciais destinados à produção de lã.

Para se detectar a toxicidade de dietas taniníferas para cordeiros, Frutos *et al.* (2004) avaliaram a inclusão de extrato comercial de tanino de castanheira (20,8 g de TH/kg MS). Embora tenha havido redução da degradação proteica ruminal e aumento da atividade das enzimas GGT (gama glutamil transferase) e AST (aspartato amino transferase), não foram verificados sinais evidentes de toxidez nos animais, devido à baixa dose de TH utilizada. Além disso, a presença de melão na dieta melhorou a palatabilidade e evitou a seleção dos alimentos pelos animais. Contudo, Hervás *et al.* (2003) verificaram efeitos tóxicos ao se utilizar extrato comercial de *S. lorentzii* (166 g de TC/kg MS) na dieta de ovinos, ocorrendo perda de 4,7 kg de peso vivo, enfraquecimento e lesões no trato digestivo no 10º dia de ingestão. Mahgoub *et al.* (2008) também detectaram efeitos tóxicos em ovinos alimentados com folhas de palmeira (14,9 g de TC/kg MS) durante 120 dias, com redução na contagem de linfócitos, monócitos e eosinófilos, sinais de inflamação crônica no intestino delgado e rins, devido ao comprometimento do sistema imune. Segundo Zhu *et al.* (1992), os efeitos tóxicos dos taninos sobre a microbiota ruminal ou sobre o animal dependem do tipo (estrutura química, peso molecular), da dose e substrato utilizado, variando ainda com a espécie animal.

Vários métodos têm sido utilizados para atenuar os efeitos dos taninos e outros compostos secundários em forrageiras tropicais e temperadas (Makkar, 2003), sendo o mais comum a utilização de polietileno glicol (PEG), que é uma molécula inerte que forma complexos estáveis com os taninos. O PEG previne a ligação dos taninos às proteínas do alimento, melhorando com isso o valor nutritivo de dietas taniníferas, a partir do aumento da disponibilidade de nutrientes e redução da inibição microbiana (Silanikove *et al.*, 1997).

Narvaez *et al.* (2011) verificaram que a administração de PEG para ovinos e caprinos foi efetiva para neutralizar os efeitos deletérios dos taninos em *Arctostaphylos canescens*. Com a adição de 0,15% de PEG/kg PV houve ganhos de 0,920 e 0,350 kg em ovinos e caprinos, respectivamente. A utilização de PEG permitiu maior suprimento de energia e proteína, o que resultou em aumento no consumo e digestibilidade em ovinos

e caprinos. Em caprinos leiteiros Fagundes *et al.* (2014) verificaram que a utilização de feno de folhas de *Flemingia macrophylla* (105 g de TC/kg MS) na proporção de 25% da MS total reduziu a digestibilidade das dietas, sendo necessário adição de PEG para neutralização dos efeitos negativos dos taninos condensados. Min *et al.* (2001) não observaram efeito da adição de PEG sobre a produção de lã em ovinos pastejando *Lotus corniculatus*, sugerindo que em concentrações moderadas (8,7 g de TC/kg de MS) o tanino proporciona efeitos benéficos sobre o suprimento de aminoácidos essenciais para o crescimento de lã. Em cordeiros desmamados mantidos em pastagem de *L. corniculatus* foi verificado maior peso de lã (2,8 kg/animal) (Douglas *et al.*, 1995), devido à redução da degradação proteica ruminal e aumento da absorção de aminoácidos no intestino delgado.

Em cabras Saanen alimentadas com *Mimosa hostilis*, *Bauhinia cheilantha* e *Mimosa caesalpinifolia* contendo 82; 154 e 255 g de TC/kg de MS, Guimarães-Beelen *et al.* (2006b) verificaram aumento no consumo de MS (16,8 g/kg PV/dia) quando se utilizou o PEG. O PEG foi eficaz na redução da adstringência das folhas das leguminosas, ocorrendo aumento na atividade da endoglucanase e da concentração de amônia ruminal, devido à maior degradabilidade efetiva da fibra. Em ovinos mantidos em pastagem de *H. coronarium* L., Molle *et al.* (2009) verificaram que a adição de PEG melhorou a digestibilidade aparente da MS (74,6%) e PB (60,1%), refletindo em aumento na produção de leite de 1,20 para 1,33 kg/dia. Cabiddu *et al.* (2009) verificaram aumento de 41% do CLA *cis*-9 *trans*-11 e de 60% do CLA *cis*-13 *trans*-11 no leite de ovelhas Sarda mantidas em pastagem de *H. coronarium* L. (25 g de taninos condensados/kg MS) e suplementadas com PEG. O efeito positivo do PEG sobre o perfil de ácidos graxos do leite deveu-se basicamente à mitigação dos efeitos negativos dos taninos sobre a atividade microbiana ruminal.

Quando não se utiliza o PEG, as altas concentrações de tanino reduzem os níveis de amônia ruminal, comprometendo a fermentação e digestão da dieta (McSweeney *et al.*, 2001). Nesta situação observam-se alto pH ruminal, acima do limite (pH 6) considerado inibitório para a digestão da fibra segundo Russell e Wilson (1996), indicativo de reduzida fermentação. De acordo com Narvaez *et al.* (2011), o sucesso da utilização de PEG em dietas taniníferas para ruminantes depende da relação custo:benefício, uma vez que este composto é relativamente caro, sugerindo-se, portanto, uma análise econômica.

EFEITO ANTI-HELMÍNTICO

Nas regiões tropicais, a criação de pequenos ruminantes em pastagem, na maioria das vezes, inviabiliza o sistema de produção devido ao elevado índice de perdas de animais por parasitoses gastrointestinais, representando um grave problema sanitário nos rebanhos. De acordo com Costa *et al.* (2011) caprinos e ovinos criados em regiões semiáridas são parasitados principalmente por *Haemonchus contortus*, *Trichostrongylus colubriformis*, *Strongyloides papillosus* e *Oesophagostomum colubianum*, sendo considerados os nematoides

de maior importância econômica para a exploração animal. Os principais fatores que levam ao incremento nas infecções parasitárias é a adoção de técnicas semi-intensivas de criação, onde os animais são mantidos em pastagens cultivadas com altas taxas de lotações, o que promove sombreamento e menor dessecação de ovos e larvas (Costa *et al.*, 2011). Além disso, as medidas profiláticas consistem na aplicação de vermífugos de forma inadequada, aumentando-se a resistência anti-helmíntica e favorecendo a sobrevivência de parasitas resistentes no animal, o que reforça a necessidade de medidas preventivas contra as parasitoses.

Landau *et al.* (2010) verificaram que em caprinos alimentados com folhagem de *Pistacia lentiscus* (1,23 g de TC/kg PV/dia) houve redução do número de ovos por grama de fezes (OPG) das espécies de *Teladorsagia circumcincta*, *T. colubriformis* e *Chabertia ovina*, além de comprometimento da fertilidade de fêmeas parasitas. Maior número de OPG foi observado na raça Mamber, inferindo que animais da raça Damascus foram mais resistentes ao parasitismo e mais tolerantes ao tanino da dieta, devido provavelmente à precocidade e desenvolvimento do sistema imune. Em cabras Saanen infectadas com 10.000 larvas de parasitas gastrointestinais, Paolini *et al.* (2003) verificaram que a adição de 150 ml de TC diluídos na água do bebedouro promoveu redução de 64% do número de OPG e de 57% da fecundidade de fêmeas de *H. contortus*. Hoste *et al.* (2005) registraram redução do número de OPG dos gêneros *Teladorsagia* e *Trichostrongylus* em caprinos leiteiros alimentados com feno de *Onobrychis viciifolia* (25,2 g de TC/kg de MS). Heckendorn *et al.* (2006) verificaram que após 16 dias de fornecimento de feno e silagem de *O. viciifolia* (61,2 e 41,9 g de TC/kg MS respectivamente) para cordeiros mestiços houve redução de 58 e 48% do número de OPG e de 50% da carga parasitária de *H. contortus*, respectivamente. Segundo Lisonbee *et al.* (2009) há evidências de que cordeiros podem aprender e detectar os benefícios da ingestão de taninos, modificando seus hábitos alimentares como objetivo de neutralizar os efeitos negativos dos parasitas intestinais.

Com relação aos efeitos anti-helmínticos em caprinos, Min *et al.* (2005) verificaram redução de OPG dos gêneros *Haemonchus*, *Teladorsagia*, *Trichostrongylus* e *Nematodirus* em cabras e em cabritos Angorá sob pastejo de *Lespedeza cuneata* (15,2% de TC), durante 81 dias. Houve ainda redução do desenvolvimento larval nas cabras e redução de 78% da contaminação parasitária, beneficiando o sistema de produção de caprinos a pasto, a partir da menor dependência de drogas anti-helmínticas e da descontaminação das pastagens. Shalders *et al.* (2013) comprovaram eficácia da torta de pimenta rosa (*Schinus terebinthifolius* Raddi), fruto da aroeira vermelha, adicionada à dieta de caprinos no controle de protozoários da família Eimeriidae, com redução na contagem de OPG, verificando-se potencial em programas alternativos para controle de eimeriose caprina.

Utilizando-se a forragem taninífera *Lysiloma latissiliquum* (54,6 g de TC/kg MS) Montellano *et al.* (2010) verificaram a existência de percepção em ovinos com relação à atividade anti-helmíntica dos taninos. Houve redução de 31% de OPG de *H. contortus*, reduções no

tamanho dos vermes e de ovos no útero das fêmeas parasitas, no 36º dia experimental. Em ovinos mestiços suplementados durante 10 semanas com 60 g de TC/kg MS, Athanasiadou *et al.* (2000) verificaram redução de OPG de *T. colubriformis*. Quando os animais do grupo controle receberam tanino houve redução do número de larvas, comprovando a eficácia dos taninos contra os parasitas adultos que se desenvolvem sobre o epitélio intestinal. De forma semelhante, Athanasiadou *et al.* (2001) verificaram redução do número de OPG e da fecundidade de larvas intestinais de *T. colubriformis* e *Nematodirus battus* em ovinos mestiços recebendo 191 g de TC/kg MS/dia. Marie-Magdeleine *et al.* (2010) também registraram redução do número de OPG e do desenvolvimento de ovos de *H. contortus* em cordeiros, com a utilização de 650 g de folhagem emurchecida de *Manihot esculenta* contendo 40 g TC/kg MS.

Ao se comparar caprinos e ovinos quanto à ação anti-helmíntica de um extrato comercial de taninos condensados de *Acacia mearnsii*, Max (2010) verificou ligeira redução do número de OPG de *H. contortus* em ovinos recebendo dose de 1,3 g de TC/kg PV/dia, enquanto que em caprinos africanos, doses diárias de 1,6 g de TC/kg PV reduziram somente a eclodibilidade dos ovos. Esse resultado esteve relacionado à capacidade neutralizante da saliva dos caprinos sobre os taninos e à maior resistência da microflora ruminal. Além disso, os caprinos são conhecidos por terem maiores taxas metabólicas e serem mais adaptados aos taninos do que ovinos (Odenyo e Osuji, 1998).

De modo geral, os efeitos da utilização de forragens taniníferas sobre as infecções parasitárias estão relacionados à formação de complexos insolúveis entre tanino e proteína dietética, reduzindo a disponibilidade de nutrientes para os nematoides; complexação dos taninos à cutícula glicoproteica dos vermes (Thompson e Geary, 1995); efeito tóxico sobre a mucosa abomasal e intestinal, criando um ambiente desfavorável para as larvas se desenvolverem. E de forma indireta pela redução da degradação proteica ruminal e aumento do fluxo de aminoácidos para o intestino, melhorando a resposta imune (Min *et al.*, 2005).

Sendo assim, a utilização de forragens taniníferas como forma de reduzir as infecções parasitárias em comparação aos tratamentos químicos comerciais, seria uma estratégia ambientalmente correta, além de beneficiar o sistema de produção de caprinos e ovinos, principalmente a pasto, a partir da redução do custo com a utilização de drogas anti-helmínticas, redução da contaminação das pastagens e melhoria da sanidade dos rebanhos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização de forragens taniníferas na produção de caprinos e ovinos pode ser considerada uma importante estratégia alimentar. Sugere-se que as concentrações de taninos não ultrapassem 6-7% da matéria seca da dieta, uma vez que efeitos negativos sobre o consumo de nutrientes e digestibilidade da proteína foram mencionados em ruminantes, com consequências negativas no desempenho de caprinos e ovinos. Em contraste, em concentrações menores os taninos exe-

recem efeitos positivos com relação ao suprimento de proteína *by-pass*, melhorando a produção de leite, carne e lã, bem como aumentando a resposta imune frente às infecções por nematoides gastrointestinais. No entanto, os resultados ainda são contraditórios quanto ao uso de forragens taniníferas na dieta de caprinos e ovinos e há necessidade de novas pesquisas voltadas a esclarecer questões relacionadas com esse tema.

BIBLIOGRAFIA

- Acamovic, T. and Brooker, J.D. 2005. Biochemistry of plant secondary metabolites and their effects in animals. *P Nutr Soc*, 64: 403-412.
- Aerts, R.J.; Barry, T.N and McNabb, W.C. 1999. Polyphenols and agriculture: beneficial effects of proanthocyanidins in forages. *Agr Ecosyst Environ*, 75: 1-12.
- Alonso-Díaz, M.A.; Torres-Acosta, J.F.F.; Sandoval-Castro, C.A.; Hoste, H.; Aguilar-Caballero, A.J. and Capetillo-Leal, C.M. 2009. Sheep preference for different tanniniferous tree fodders and its relationship with *in vitro* gas production and digestibility. *Anim Feed Sci Tech*, 151: 75-85.
- Alonso-Díaz, M.A.; Torres-Acosta, J.F.F.; Sandoval-Castro and Hoste, C.A. 2010. Tannins in tropical tree fodders fed to small ruminants: A friendly foe? *Small Ruminant Res*, 89: 164-173.
- Amata, I.A. 2014. The use of non-conventional feed resources (NCFR) for livestock feeding in the tropics: A review. *J Global Bioscience*, 3: 604-613.
- Archana, A.B.; Jadhav, M.V. and Kadam, V.J. 2010. Potential of tannins: a review. *Asian J Plant Sci*, 9: 209-214.
- Arcuri, P.B.; Lopes, F.C.F. e Carneiro, J.C.C. 2011. Microbiologia do rúmen. In: Berchielli, T.T.; Pires, A.V. e Oliveira, S.G. (Ed.) *Nutrição de Ruminantes*. Funep. Jaboticabal. pp.115-160.
- Ashok, P.K. and Upadhyaya, K. 2012. Tannins are astringent. *Phyto-Journal*, 1: 45-50.
- Athanasidou, S.; Kyriazakis, I.; Jackson, F. and Coop, R.L. 2000. Consequences of long-term feeding with condensed tannins on sheep parasitised with *Trichostrongylus colubriformis*. *Int J Parasitol*, 30: 1025-1033.
- Athanasidou, S.; Kyriazakis, I.; Jackson, F. and Coop, R.L. 2001. Direct anthelmintic effects of condensed tannins towards different gastrointestinal nematodes of sheep: *in vitro* and *in vivo* studies. *Vet Parasitol*, 99: 205-219.
- Bae, H.D.; McAllister, T.A.; Yanke, J.; Cheng, K.J. and Muir A.D. 1993. Effects of condensed tannins on endo- glucanase activity and filter paper digestion by *Fibrobacter succinogenes* S85. *Appl Environ Microb*, 59: 2132-2138.
- Ben Salem, H.; Makkar, H.P.S.; Nefzaoui, A.; Hassayoun, L. and Abidi, S. 2005a. Benefit from the association of small amounts of tannin-rich shrub foliage (*Acacia cyanophylla* Lindl.) with soya bean meal given as supplements to Barbarine sheep fed on oaten hay. *Anim Feed Sci Tech*, 122: 173-186.
- Ben Salem, H.; Nefzaoui, A.; Makkar, H.P.S.; Hochlef, H.; Ben Salem, I. and Ben Salem, L. 2005b. Effect of early experience and adaptation period on voluntary intake, digestion, and growth in Barbarine lambs given tannin-containing (*Acacia cyanophylla* Lindl. foliage) or tannin-free (oaten hay) diets. *Anim Feed Sci Tech*, 122: 59-77.
- Bhatta, R.; Vaithyanathan, S.; Singh, N.P. and Verma, D.L. 2007. Effect of feeding complete diets containing graded levels of *Prosopis cineraria* leaves on feed intake, nutrient utilization and rumen fermentation in lambs and kids. *Small Ruminant Res*, 67: 75-83.
- Bonanno, A.; Di Miceli, G.; Di Grigoli, A.; Frenda, A.S.; Tornambè, G.; Giambalvo, D. and Amato, G. 2011. Effects of feeding green forage of sulla (*Hedysarum coronarium* L.) on lamb growth and carcass and meat quality. *Animal*, 5: 148-154.
- Cabiddu, A.; Molle, G.; Decandia, M.; Spada, S.; Fiori, M.; Piredda, G. and Addis, M. 2009. Responses to condensed tannins of flowering sulla (*Hedysarum coronarium* L.) grazed by dairy sheep. Part 2: Effects on milk fatty acid profile. *Livest Sci*, 123: 230-240.
- Chilliard, Y.; Doreau, M.; Bocquier, F. and Lobley, G.E., 1995. Adaptations of ruminants to variations in food supply. In: Journet, M.; Grenet, E.; Farce, M.-H.; Theriez, M. and Demarquilly, C. (Ed.) *Recent Developments in the Nutrition of Herbivores, IVth International Symposium on the Nutrition of Herbivores*. Proceedings... INRA Editions. Clermont-Ferrand. France. pp. 329-360.
- Cieslak, A.; Zmora, P.; Pers-Kamczyc, E.; Stochmal, A.; Sadowinska, A.; Salem, A.Z.M.; Kowalczyk, D.; Zbonik, P. and Szumacher-Strabel, M. 2014. Effects of two sources of tannins (*Quercus* L. and *Vaccinium vitis idaea* L.) on rumen microbial fermentation. *Ital J Anim Sci*, 13: 290-294.
- Costa, V.M.M.; Simões, S.V.D. e Riet-Correa, F. 2011. Controle das parasitoses gastrintestinais em ovinos e caprinos na região semiárida do Nordeste do Brasil. *Pesq Vet Bras*, 31: 65-71.
- Deaville, E.R.; Givens, D.I. and Mueller-Harvey, I. 2010. Chestnut and mimosa tannin silages: Effects in sheep differ for apparent digestibility, nitrogen utilisation and losses. *Anim Feed Sci Tech*, 157: 129-138.
- Déprez, S.; Mila, I.; Huneau, J.F.; Tome, D. and Scalbert, A. 2001. Transport of proanthocyanidin dimer, trimer and polymers across monolayers of human intestinal epithelial Caco2 cells. *Antioxid Redox Signaling*, 3: 957-967.
- Dey, D.; Dutta, N.; Sharma, K. and Pattanaik, A.K. 2008. Effect of dietary inclusion of *Ficus infectoria* leaves as a protectant of proteins on the performance of lambs. *Small Ruminant Res*, 75: 105-114.
- Douglas, G.B.; Wang, Y.; Waghorn, G.C.; Barry, T.N.; Purchas, R.W.; Foote, A.G. and Wilson, G.G. 1995. Liveweight gain and wool production of sheep grazing *Lotus corniculatus* and lucerne (*Medicago sativa*). *New Zeal J Agr Res*, 38: 95-104.
- Ebong, C. 1995. *Acacia nilotica*, *Acacia seyal* and *Sesbania sesban* as supplements to tef (*Eragrostis tef*) straw fed to sheep and goats. *Small Ruminant Res*, 18: 233-238.
- Fagundes, G.M.; Modesto, E.C.; Fonseca, C.E.M.; Lima, H.R.P. and Muir, J.P. 2014. Intake, digestibility and milk yield in goats fed *Flemingia macrophylla* with or without polyethylene glycol. *Small Ruminant Res*, 116: 88-93.
- Frutos, P.; Raso, M.; Hervás, G.; Mantecón, Á.R.; Pérez, V. and Giráldez, F.J. 2004. Is there any detrimental effect when a chestnut hydrolysable tannin extract is included in the diet of finishing lambs? *Anim Res*, 53: 127-136.
- Goel, G.; Puniya, A.K.; Aguilar, C.N. and Singh, K. 2005. Interaction of gut microflora with tannins in feeds. *Naturwissenschaften*, 92: 497-503.
- Gonzaga Neto, S.; Batista, A.M.V.; Carvalho, F.F.R.; Martínez, R.L.V.; Barbosa, J.E.A.S. e Silva, E.O. 2001. Composição bromatológica, consumo e digestibilidade *in vivo* de dietas com diferentes níveis de feno de catingueira (*Caesalpinia bracteosa*), fornecidas para ovinos Morada Nova. *Rev Bras Zootec*, 30: 553-562.
- Guimarães-Beelen, P.M.; Berchielli, T.T.; Buddington, R. e Beelen, R. 2006a. Efeito dos taninos condensados de forrageiras nativas do semi-árido nordestino sobre o crescimento e atividade celulolítica de *Ruminococcus flavefaciens* FD1. *Arq Bras Med Vet Zoo*, 58: 910-917.
- Guimarães-Beelen, P.M.; Berchielli, T.T.; Beelen, R. and Medeiros, A.N. 2006b. Influence of condensed tannins from Brazilian semi-arid legumes on ruminal degradability, microbial colonization and ruminal enzymatic activity in Saanen goats. *Small Ruminant Res*, 61: 35-44.
- Hagerman, A.N. 2002. *The tannin handbook*. University Oxford. Miami.
- Heckendorn, F.; Häring, D.A.; Maurer, V.; Zinsstag, J.; Lahghans, W. and Hertzberg, H. 2006. Effect of sainfoin (*Onobrychis viciifolia*) silage and hay on established populations of *Haemonchus contortus* and *Cooperia curticei* in lambs. *Vet Parasitol*, 142: 293-300.
- Hervás, G.; Frutos, P.; Giráldez, F.J.; Mantecón, Á.R. and Del Pino, M.C.A. 2003. Effect of different doses of quebracho tannins extract on rumen fermentation in ewes. *Anim Feed Sci Tech*, 109: 65-78.
- Hess, H.D.; Monsalve, L.M.; Lascano, C.E.; Carulla, J.E.; Diaz, T.E. and Kreuzer, M. 2003. Supplementation of a tropical grass diet with forage

- legumes and *Sapindus saponaria* fruits: effects on in vitro ruminal nitrogen turnover and methanogenesis. *Aust J Agr Res*, 54: 703-713.
- Hoste, H.; Gaillard, L. and Le Frileux, Y. 2005. Consequences of the regular distribution of sainfoin hay on gastrointestinal parasitism with nematodes and milk production in dairy goats. *Small Ruminant Res*, 59: 265-271.
- Jackson, F.S.; McNabb, W.C.; Barry, T.N.; Foo, Y.L. and Peters, J.S. 1996. The condensed tannin content of a range of subtropical and temperate forages and the reactivity of condensed tannin with ribulose-1,5-bisphosphate carboxylase (rubisco) protein. *J Sci Food Agr*, 72: 483-492.
- Jelali, R. and Ben Salem, H. 2014. Daily and alternate day supplementation of *Moringa oleifera* leaf meal or soybean meal to lambs receiving oat hay. *Livest Sci*, 168: 84-88.
- Jerónimo, E., Alves, S.P., Dentinho, M.T.P., Martins, S.V., Prates, J.A.M., Vasta, V., Santos-Silva, J. and Bessa, R.J.B. 2010. Effect of grape seed extract, *Cistus ladanifer* L., and vegetable oil supplementation on fatty acid composition of abomasal digesta and intramuscular fat of lambs. *J Agr Food Chem*, 58, 10710-10721.
- Khanbabaee, K. and Van Ree, T. 2001. Tannins: classification and definition. *Nat Prod Rep*, 18: 641-649.
- Kondo, M.; Hirano, Y.; Ikai, N.; Kita, K.; Jayanegara, A. and Yokota, H. 2014. Assessment of anti-nutritive activity of tannins in tea by-products based on in vitro rumen fermentation. *Asian Australas J Anim Sci*, 27: 1571-1576.
- Kumar, R. and Singh, M. 1984. Tannins: their adverse role in ruminant nutrition. *J Agr Food Chem*, 32: 447-453.
- Kumar, R. and Vaithyanathan, S. 1990. Occurrence, nutritional significance and effect on animal productivity of tannins in tree leaves. *Anim Feed Sci Technol*, 30: 21-38.
- Landau, S.; Azaizeh, H.; Muklada, H.; Glasser, T.; Ungar, E.D.; Baram, H.; Abbas, N. and Markovics, A. 2010. Anthelmintic activity of *Pistacia lentiscus* foliage in two Middle Eastern breeds of goats differing in their propensity to consume tannin-rich browse. *Vet Parasitol*, 173: 280-286.
- Landau, S.; Perevolotsky, A.; Bonfil, D.; Barkai, D. and Silanikove, N. 2000. Utilization of low quality resources by small ruminants in Mediterranean agro-pastoral systems: the case of browse and aftermath cereal stubble. *Livest Prod Sci*, 64: 39-49.
- Lanza, M.; Priolo, A.; Biondi, L.; Bella, M. and Ben Salem, H. 2001. Replacement of cereal grains by orange pulp and carob pulp in faba bean-based diets fed to lambs: effects on growth performance and meat quality. *Animal Res*, 50: 21-30.
- Lisonbee, L.D.; Villalba, J.J.; Provenza, F.D. and Hall, J. 2009. Tannins and self-medication: Implications for sustainable parasite control in herbivores. *Behav Proc*, 82: 184-189.
- Luciano, G.; Monahan, F.J.; Vasta, V.; Biondi, L.; Lanza, M. and Priolo, A. 2009. Dietary tannins improve lamb meat colour stability. *Meat Sci*, 81: 120-125.
- Luciano, G.; Vasta, V.; Monahan, F.J.; López-Andrés, P.; Biondi, L.; Lanza, M. and Priolo, A. 2011. Antioxidant status, colour stability and myoglobin resistance to oxidation of *longissimus dorsi* muscle from lambs fed a tannin-containing diet. *Food Chem*, 124: 1036-1042.
- Mahgoub, O.; Kadim, I.T.; Tageldim, M.H.; Al-Marzooqi, W.S.; Khalaf, S.Q. and Ambu Ali, A. 2008. Clinical profile of sheep fed non-conventional feeds containing phenols and condensed tannins. *Small Ruminant Res*, 78: 115-122.
- Makkar, H.P.S. 2003. Effects and fate of tannins in ruminant animals, adaptation to tannins, and strategies to overcome detrimental effects of feeding tannin-rich feeds. *Small Ruminant Res*, 49: 241-256.
- Makkar, H.P.S. and Becker, K. 1994. Isolation of tannins from leaves of some trees and shrubs and their proper ties. *J Agr Food Chem*, 42: 731-734.
- Marie-Magdeleine, C.; Mahieu, M.; Philibert, L.; Despois, P. and Archimède, H. 2010. Effect of cassava (*Manihot esculenta*) foliage on nutrition, parasite infection and growth of lambs. *Small Ruminant Res*, 93: 10-18.
- Max, R.A. 2010. Effect of repeated wattle tannin drenches on worm burdens, faecal egg counts and egg hatchability during naturally acquired nematode infections in sheep and goats. *Vet Parasitol*, 169: 138-143.
- McSweeney, C.S.; Palmer, B.; McNeill, D.M. and Krause, D.O. 2001. Microbial interactions with tannins: nutritional consequences for ruminants. *Anim Feed Sci Tech*, 91: 83-93.
- Min, B.R.; Barry, T.N.; Attwood, G.T. and McNabb, W.C. 2003. The effect of condensed tannins on the nutrition and health of ruminants fed fresh temperate forages: a review. *Anim Feed Sci Tech*, 106: 3-19.
- Min, B.R.; Fernandez, J.M.; Barry, T.N.; McNabb, W.C. and Kemp, P.D. 2001. The effect of condensed tannins in *Lotus corniculatus* upon reproductive efficiency and wool production in ewes during autumn. *Anim Feed Sci Tech*, 92: 185-202.
- Min, B.R.; Hart, S.P.; Miller, D.; Tomita, G.M.; Loetz, E. and Sahl, T. 2005. The effect of grazing forage containing condensed tannins on gastro-intestinal parasite infection and milk composition in Angora does. *Vet Parasitol*, 130: 105-113.
- Molle, G.; Decandia, M.; Giovanetti, V.; Cabiddu, A.; Fois, N. and Sitzia, M. 2009. Responses to condensed tannins of flowering sulla (*Hedysarum coronarium* L.) grazed by dairy sheep. Part 1: Effects on feeding behaviour, intake, diet digestibility and performance. *Livest Sci*, 123: 138-146.
- Montellano, C.M.O.; Vargas-Magãna, J.J.; Canul-Ku, H.L.; Miranda-Soberanis, R.; Capetillo-Leal, C.; Sandoval-Castro, C.A.; Hoste, H. and Torres-Acosta, J.F.J. 2010. Effect of a tropical tannin-rich plant *Lysiloma latisiliquum* on adult populations of *Haemonchus contortus* in sheep. *Vet Parasitol*, 172: 283-290.
- Morais, J.A.S.; Berchielli, T.T. e Reis, R.A. 2011. Aditivos. In: Berchielli, T.T.; Pires, A.V. e Oliveira, S.G. (Ed.) Nutrição de Ruminantes Funep. Jaboticabal. pp. 565-599.
- Mueller-Harvey, I. 2001. Analysis of hydrolysable tannins. *Anim Feed Sci Tech*, 91: 3-20.
- Narjisse, H.; Elhonsali, M.A. and Olsen, J.D. 1995. Effects of oak (*Quercus ilex*) tannins on digestion and nitrogen balance in sheep and goats. *Small Ruminant Res*, 18: 201-206.
- Narvaez, N.; Brosh, A.; Mellado, M. and Pittroff, W. 2011. Performance of sheep and goats fed *Arctostaphylos canescens* with and without polyethylene glycol supplementation. *Rangeland Ecology Manag*, 64: 85-91.
- Nelson, K.E.; Pell, A.N.; Doane, P.H.; Giner-Chavez, B.I. and Schofield, P. 1997. Chemical and biological assays to evaluate bacterial inhibition by tannins. *J Chem Ecol*, 23: 1175-1194.
- Niezen, J.H.; Robertson, H.A.; Waghorn, G.C. and Charleston, W.A.G. 1998. Production, faecal egg counts and worm burdens of ewe lambs which grazed six contrasting forages. *Vet Parasitol*, 80: 15-27.
- Odenyo, A.A. and Osuji, P.O. 1998. Tannin-tolerant ruminal bacteria from East African ruminants. *Canadian J Microbiol*, 44: 905-909.
- O'Donovan, L. and Brooker, J.D. 2001. Effect of hydrolysable and condensed tannins on growth, morphology and metabolism of *Streptococcus gallolyticus* (*S. caprinus*) and *Streptococcus bovis*. *Mycobiology*, 147: 1025-1033.
- Oliveira, L.M.B.; Bevilacqua, C.M.L.; Morais, S.M.; Camurça-Vasconcelos, A.L.F. e Macedo, I.T.F. 2011. Plantas taniníferas e o controle de nematoides gastrintestinais de pequenos ruminantes. *Cienc Rural*, 41: 1967-1974.
- Paolini, V.; Bergeaud, J.P.; Grisez, C.; Prevot, F.; Dorchies, P.H. and Hoste, H. 2003. Effects of condensed tannins on goats experimentally infected with *Haemonchus contortus*. *Vet Parasitol*, 113: 253-261.
- Patra, A.K. and Saxena, J. 2011. Exploitation of dietary tannins to improve rumen metabolism and ruminant nutrition. *J Sci Food Agr*, 91: 24-37.
- Reed, J.D. 1995. Nutritional toxicology of tannins and related polyphenols in forage legumes. *J Anim Sci*, 73: 1516-1528.
- Reed, J.D.; Krueger, C.; Rodriguez, G. and Hanson, J. 2000. Secondary plant compounds and forage evaluation. In: Givens, D.I.; Owen, E.; Axford, R.F.E. and Ohmed, H.M. (Ed.) Forage evaluation in ruminant nutrition. CAB International. Wallingford. pp. 433-448.

- Russell, J.B. and Wilson, D.B. 1996. Why are ruminal cellulolytic bacteria unable to digest cellulose at low pH? *J Dairy Sci*, 79: 1503-1509.
- Salawu, M.B.; Acamovic, T.; Stewart, C.S.; Hvelplund, T. and Weisbjerg, M.R. 1999. The disappearance of dry matter, nitrogen and amino acids in the gastrointestinal tract from *Calliandra* leaves. *Anim Feed Sci Tech*, 79: 289-300.
- Shalders, E.; Zanini, S.F.; Sousa, D.R.; Clipes, R.C.; Barioni, G.; Avelar, B.R. e Suhet, J.M.M. 2013. Utilização de fonte taninifera na dieta de caprinos como alternativa de controle parasitário. *Semina Cienc Agr*, 34: 2889-2902.
- Silanikove, N.; Gilboa, N. and Nitsan, Z. 1997. Interactions among tannins, supplementation and polyethylene glycol in goats given oak leaves: effects on digestion and food intake. *Anim Sci*, 64:479-483.
- Singh B.; Bhat T.K.; Sharma O.P.; Kanwar S.S.; Rahi P. and Gulati A. 2012. Isolation of tannase-producing *Enterobacter ludwigii* GRT-1 from the rumen of migratory goats. *Small Ruminant Res*, 102:172-176.
- Skene, I.K. and Brooker, J.D. 1995. Characterization of tannin acylhydrolase activity in the ruminal bacterium *Selenomonas ruminantium*. *Anaerobe*, 1: 321-327.
- Solaiman, S.; Thomas, J.; Dupre, Y.; Min, B.R.; Gurung, N.; Terrill, T.H. and Haenlein, G.F.W. 2010. Effect of feeding sericea lespedeza (*Lespedeza cuneata*) on growth performance, blood metabolites, and carcass characteristics of Kiko crossbred male kids. *Small Ruminant Res*, 93: 149-156.
- Szumacher-Strabel, M. and Cieslak, A. 2010. Potential of phytofactors to mitigate rumen ammonia and methane production. *J Anim Feed Sci*, 19: 319-337.
- Tavendale, M.H.; Meagher, L.P.; Pacheco, D.; Walker, N.; Attwood, G.T. and Sivakumaran, S. 2005. Methane production from in vitro rumen incubations with *Lotus pedunculatus* and *Medicago sativa*, and effects of extractable condensed tannin fractions on methanogenesis. *Anim Feed Sci Tech* 123: 403-419.
- Thompson, D.P. and Geary, T.G. 1995. The structure and function of helminth surface. In: Marr, J.J. and Muller, M. (Ed.) *Biochemistry and Molecular Biology of Parasites*. Academic Press, New York. pp. 203-232.
- Toral, P.G.; Hervás, G.; Bichi, E.; Belenguer, Á. and Frutos, P. 2011. Tannins as feed additives to modulate ruminal biohydrogenation: Effects on animal performance, milk fatty acid composition and ruminal fermentation in dairy ewes fed a diet containing sunflower oil. *Anim Feed Sci Tech*, 164: 199-206.
- Vaithiyathan, S.; Bhatta, R.; Mishra, A.S.; Prasad, R.; Verma, D.L. and Singh, N.P. 2007. Effect of feeding graded levels of *Prosopis cineraria* leaves on rumen ciliate protozoa, nitrogen balance and microbial protein supply in lambs and kids. *Anim Feed Sci Tech*, 133: 177-191.
- Valadares Filho, S.C. and Pina, D.S. 2011. Fermentação ruminal. In: Berchielli, T.T.; Pires, A.V. e Oliveira, S.G. (Ed.) *Nutrição de Ruminantes* Funep. Jaboticabal. pp.161-191.
- Vasta, V.; Pennisi, P.; Lanza, M.; Barbagallo, D.; Bella, M. and Priolo, A. 2007. Intramuscular fatty acid composition of lambs given a tanniferous diet with or without polyethylene glycol supplementation. *Meat Sci*, 76: 739-745.
- Vasta, V.; Priolo, A.; Scerra, M.; Hallett, K.G.; Wood, J.D. and Doran, O. 2009. $\Delta 9$ desaturase protein expression and fatty acid composition of *longissimus dorsi* muscle in lambs fed green herbage or concentrate with or without added tannins. *Meat Sci*, 82: 357-364.
- Waghorn, G. 2008. Beneficial and detrimental effects of dietary condensed tannins for sustainable sheep and goat production-Progress and challenges. *Anim Feed Sci Tech*, 147: 116-139.
- Waghorn, G.C. and McNabb, W.C. 2003. Consequences of plant phenolic compounds for productivity and health of ruminants. *P Nutr Soc*, 62: 383-392.
- Waghorn, G.C. and Shelton, I.D. 1997. Effect of condensed tannins in *Lotus corniculatus* on the nutritive value of pasture for sheep. *J Agr Sci*, 128: 365-372.
- Walton, J.P.; Waghorn, G.C.; Plaizier, J.C.; Birtles, M. and McBride, B.W. 2001. Influence of condensed tannins on gut morphology in sheep fed *Lotus pedunculatus*. *Can J Anim Sci*, 81: 605-607.
- Weimer, P.J.; Shi, Y. and Odt, C.L. 1991. A segmented gas/liquid delivery system for continuous culture of microorganisms on insoluble substrates and its use for growth of *Ruminococcus flavefaciens* on cellulose. *Appl Microbiol Biotechnol*, 36: 178-183.
- Williams, A.G. and Coleman, G.S. 1992. *The Rumen Protozoa*. Springer-Verlag. New York.
- Zhu J.; Filipich L.J. and Alsalamy M.T. 1992. Tannic acid intoxication in sheep and mice. *Res Vet Sci*, 53: 280-292.