

Fatores antinutricionais em plantas forrageiras

Antinutritional factors in forages

Natanael de Souza Silva^{1*}, Helton de Souza Silva², Elysson Marcks Gonçalves Andrade², José Raimundo de Sousa Júnior², Guilherme de Freitas Furtado².

Resumo: As análises bromatológicas definem a qualidade nutricional das forragens: degradabilidade ruminal, digestibilidade e composição química. No entanto, existem compostos denominados de antinutricionais (limitam a ingestão e a digestão das forragens) que não são determinados pelas análises convencionais. Os fatores antinutricionais são de natureza química ou estrutural. Os principais fatores químicos limitantes das forragens são os alcalóides, compostos fenólicos e substâncias terpênicas, enquanto que os estruturais são a arquitetura tissular, as células lignificadas e a sílica. Desta forma, com o presente trabalho objetiva-se apresentar os principais fatores antinutricionais em plantas forrageiras relatados na literatura. Futuras pesquisas envolvendo a avaliação de plantas forrageiras devem levar em conta uma série de características, dentre estas: seus aspectos agrônômicos e bromatológicos, sua natureza estrutural, presença de metabólitos secundários e desempenho animal, visando com isso, avaliar o seu real potencial nutritivo.

Palavras-chave: nutrição animal, forragem, bromatologia.

Abstract: The chemical analyzes defines the nutritional quality of forages: ruminal degradability, digestibility and chemical composition. However, there are called antinutritional compounds (limited to ingestion and digestion of fodder) that are not determined by conventional analysis. The antinutritional factors are chemical or structural. The main factors limiting chemical of fodder are the alkaloids, phenolic compounds and terpenic substances, while the structural are architecture tissue, cells lignified and silica. In this way, with the present study aims to present the main antinutritional factors in forages reported. Future researches involving the evaluation of forage plants should consider a series of characteristics, Amongst these: agronomic aspects and bromatológicos, its structural nature, presence of secondary metabólitos and animal performance, aiming thereby assess their actual potential nutritional.

Keywords: animal nutrition, forage, bromatology.

INTRODUÇÃO

O valor nutritivo de plantas forrageiras é determinado por análises bromatológicas e definido pela sua degradabilidade ruminal, digestibilidade e composição química (POSSENTIE e VALARINI, 2004). No entanto, existem fatores que limitam a ingestão e a digestão das forragens que não são determinadas pelas análises convencionais, os quais, são denominados de antinutricionais, prejudicam a aceitabilidade da forragem e o desempenho dos animais. Os fatores antinutricionais são de natureza química ou estrutural. Os principais fatores químicos limitantes das forragens são os alcalóides, compostos fenólicos e substâncias terpênicas, enquanto que os estruturais são a arquitetura tissular, as células lignificadas e a sílica (JERBA et al., 2004).

O valor nutricional pode ser prejudicado, pela presença de algumas estruturas e compostos químicos presentes nas forragens. Em geral, a lignina, formada por precursores fenólicos, ao se ligar quimicamente com os carboidratos da parede celular, se constitui no principal obstáculo à

digestão da fibra (JUNG et al., 1997). Além disso, algumas plantas possuem a capacidade de produzir metabólitos secundários em certas condições, os quais constituem um meio de defesa contra bactérias, fungos, vírus, estresse ambiental e ataque de herbívoros, e podem proporcionar à planta características como gosto amargo, odor repulsivo e provocar intoxicações ou efeitos antinutricionais nos predadores (GINER-CHAVES, 1996; BEELEN et al., 2008).

De acordo com Herrero et al. (2001), a força física necessária para a ingestão de forragens tem muita relação com o ganho de peso dos animais, pois plantas com baixa resistência à cisão permitem que o consumo voluntário seja atingido. A força física relaciona-se com a composição química e estrutural da planta. Hughes et al. (2000) afirmam que no processo de avaliação de plantas forrageiras é necessário investigar a resistência física do material em conjunto com o desempenho agrônômico e com análises químicas. Com isso o presente trabalho objetiva apresentar os principais fatores antinutricionais em plantas forrageiras relatados na literatura.

*autor para correspondência

Recebido para publicação em 10/09/2012; aprovado em 02/12/2012

¹. Mestrando em Veterinária pela Universidade Federal de Campina Grande. e-mail: natanaelveterinario@bol.com.br*

². Acadêmicos do curso de Agronomia pela Universidade Federal de Campina Grande. e-mail: heltonssilva@gmail.com; elyssonmarcks@yahoo.com.br; jrjsjunior@gmail.com.

FATORES DE ANTINUTRICIONAIS DE NATUREZA QUÍMICA

Alcalóides

O termo alcalóides é utilizado para designar compostos nitrogenados que apresentam nitrogênio ligado a anéis heterocíclicos, tendo a maioria desses compostos origem em aminoácidos alifáticos, por exemplo, a ornitina e a lisina, assim como em acetogeninas, terpenóides e esteróides (BARNES e GUSTINE, 1973).

De acordo com Van Soest (1994), os alcalóides causam toxicidade para o gado quando presentes em forrageiras, podendo-se destacar o caso de indolalquilimina em *Phalaris* spp., o grupo perlolina em *Festuca* spp. e amimosina em *Leucaena*. Além de causar toxicidade para os herbívoros e reduzir a palatabilidade, a ação desses alcalóides também pode prejudicar a ingestão e a digestibilidade das forragens, pois esses compostos têm ação antimicrobiana, afetando a atividade dos micro-organismos do rúmen dos animais. No entanto, algumas bactérias do rúmen são capazes de degradar a mimosina e seus derivados como a *Synergistes jonesii* (OLIVEIRA et al., 2007).

Taiz e Zeiger (2004) afirmam que na célula os alcalóides agem de modo muito variável, mas interferem principalmente nos componentes do sistema nervoso, além de ter ação em transmissores químicos, transportadores de membrana, sintetizadores protéicos e complexos enzimáticos. Alguns alcalóides específicos, como a lecitina, ligam-se aos carboidratos, formando complexos com as células epiteliais do trato digestivo dos herbívoros, interferindo na absorção de nutrientes. Além desses problemas de ordem celular, os animais com intoxicação por alcalóides tendem a apresentar falhas na coordenação motora, desordem no sistema nervoso central, fibrose ventricular, redução na produção de leite e até mesmo vir a óbito (MARTEN, 1973). Existem alcalóides que têm relação com deformações fetais e abortamento, sendo denominados de alcalóides teratogênicos (BARNES e GUSTINE, 1973).

Compostos fenólicos

Os fenóis, como também são designados os compostos fenólicos, compreendemos compostos químicos com grupo fenol agrupado a uma hidroxila funcional, servindo como defesa química contra patógenos e herbívoros (TAIZ e ZEIGER, 2004). São de modo geral derivados da fenilalanina (BARNES e GUSTINE, 1973). De acordo com Barry et al. (2001), os compostos fenólicos são os principais compostos secundários encontrados nas plantas e podem ser classificados como monômeros, lignina, taninos condensados e hidrolisáveis, além dos flavonóides.

Existe grande variação química entre os compostos fenólicos, porém os mais importantes para estudos de

fatores antinutricionais são a lignina e o tanino. A lignina tem função duplicada contra herbivoria, pois age quimicamente como bloqueio enzimático e fisicamente, proporciona rigidez à parede celular. É uma macromolécula formada por polímeros ramificados de fenilpropanóides, que tem origem no coniferil, comaril ou no álcool sinapil, que são sintetizados via fenilalanina (TAIZ e ZEIGER, 2004). Segundo Van Soest (1994), a lignina é o fator isolado mais limitante da digestibilidade de uma forragem.

De acordo com Van Soest (1994) e Taiz e Zeiger (2004), os taninos podem ser condensados e hidrolisáveis. Ainda para esses autores, os taninos hidrolisáveis são polímeros heterogêneos de compostos fenólicos e açúcares, enquanto que, os taninos condensados são polimerizações de unidades de flavonóides, constituindo o lenho dos vegetais.

A presença de taninos nas forrageiras prejudica sua aceitabilidade pelos animais em função da concentração. Esses compostos formam facilmente pontes de hidrogênio com proteínas salivares e da mucosa prejudicando a palatabilidade, e com a própria proteína dietética (TAIZ e ZEIGER, 2004; BEELEN et al., 2008). Essa associação entre o tanino e a proteína diminui a degradabilidade ruminal, podendo torná-la indisponível (VAN SOEST, 1994). Além da precipitação de proteínas, os taninos inibem a ação das celulases ruminais, de enzimas vegetais, a atividade proteolítica dos micro-organismos ruminais, hidrolisam enzimas digestivas e podem interferir também com o próprio trato digestivo, causando irritação da mucosa (VAN SOEST, 1994; OLIVEIRA et al., 2007). Segundo Cannas (2001) *apud* Beeleen et al. (2008) o metabolismo microbiano e a digestão gástrica convertem os taninos hidrolisáveis em metabólitos de baixo peso molecular, sendo alguns desses tóxicos e estão associados à hemorragias gastro-entéricas e necrose do fígado e rins, principalmente em monogástricos.

Gonçalves et al., (1999), Makkar (2003) e Kondo et al., (2004) relataram que silagens com altas concentrações de tanino podem interferir na sua qualidade devido a capacidade de inibir as enzimas vegetais e microbianas ou pela capacidade de formar complexos com a fração protéica, reduzindo sua degradabilidade e consequentemente, sua disponibilidade, acarretando em menores valores de nitrogênio na forma de amônia como da porcentagem de nitrogênio total. No entanto, Mcsweeney et al., (1999) mencionaram que os mecanismos de degradação dos taninos condensados são pouco conhecidos, contudo é possível que, o ambiente anaeróbico e a acidez do meio das ensilagens propicie a inativação deste composto, ou mesmo que durante o processo de ensilagem, a atividade microbiana possa degradar os taninos condensados em polifenóis de baixo peso molecular (KONDO et al., 2004).

Os taninos inibem principalmente bactérias fermentadoras de carboidratos estruturais. Algumas estirpes de bactérias toleram taninos em ovinos, caprinos e antílopes até 8g/L no fluído ruminal. Os ruminantes que

continuamente alimentam-se com dietas ricas em tanino geralmente desenvolvem uma microflora tolerante a alta quantidade de tanino. Caprinos selvagens e camelos que se alimentam com *Acácia* e *Calliandra calothyrsus* que contém altos níveis de taninos, são capazes de tolerar taninos na dieta devido à presença de grande número de bactérias resistentes ao tanino como *Streptococcus caprinus* e *Selenomonas ruminantium* (KAMRA, 2005).

Os taninos condensados não são susceptíveis a quebra por hidrólise e, como consequência, não são absorvidos pelo trato gastro intestinal (CANNAS, 2001 *Apud* BEELEN et al., 2008). Contudo, esses polímeros tem recebido crescente atenção por possuírem a capacidade de proteger a proteína ingerida da degradação ruminal (*by pass*), quando em baixa concentração (3-4%) e tem importante ação antinutricional quando em alta concentração (acima de 5% da MS) na dieta (ANIMUT et al., 2008; BELEEN et al., 2008).

Os taninos podem ainda apresentar funções benéficas à nutrição animal, como: previne a ocorrência de timpanismo e auxilia a digestão ácida da proteína vegetal (BRANDES e FEITAS, 1992) diminui a degradabilidade ruminal, e com isso, eles aumentam a disponibilidade de proteína alimentar no duodeno, como citado anteriormente (MANGAN, 1988; BARRY et al. (2001). Entretanto é difícil estabelecer a concentração de tanino ideal para otimizar a nutrição animal, pois o mesmo varia de acordo com as condições climáticas, principalmente a temperatura e fertilidade do solo (LASCANO et al., 2001). Por outro lado, os taninos que permanecem livres possuem, em geral, um efeito negativo sobre a digestão, ao inibir a fermentação (MANGAN, 1988).

De forma resumida, taninos em altas concentrações podem limitar o consumo de três maneiras: 1. baixa palatabilidade da dieta, causada pela adstringência, ligação do tanino com proteínas salivares e de mucosa; 2. distensão física do rúmen, resultado da diminuição da digestão da matéria seca, devido a inibição da fermentação do rúmen pela formação de complexos com as proteínas e fibras e pela ligação com enzimas digestivas, inibindo sua ação catalítica; 3. resposta hormonal desencadeada a partir de ligações dos taninos com a parede do intestino delgado Kumar e Vaithyanathan (1990).

Cutina e Suberina

A cutina é uma macromolécula lipídica, formada por longa cadeia de ácidos graxos, que está presente na composição da cutícula da planta em conjunto com ceras, formando uma barreira hidrofóbica (TAIZ e ZEIGER, 2004). A cutina é um composto indigesto e a cutícula é uma barreira física aos organismos do rúmen, prejudicando a digestão dos tecidos (VAN SOEST, 1994). Segundo Taiz e Zeiger (2004), as ceras epicuticulares não são macromoléculas, mas sim, polímeros lipídicos, sintetizados na epiderme e exteriorizados através de poros até se solidificarem na superfície do vegetal.

A suberina é um composto formado por lipídios e está presente na periderme de plantas arbóreas, em áreas de abscisão foliar e injúrias provocadas por patógenos e herbívoros (JERBA et al., 2004).

Terpenóides, Saponinas e Esteróides

O grupo dos terpenóides é um dos principais fatores antinutricionais das forrageiras. Esses compostos são formados pela condensação de três unidades de acetato, formando o ácido mevalônico e convertendo-se em um composto de cinco carbonos, o isopreno (BARNES e GUSTINE, 1973). Segundo Van Soest (1994) os terpenóides na sua maioria são voláteis e componentes de óleos essenciais, incluindo-se nessa classe as saponinas e os esteróides.

De acordo com Taiz e Zeiger (2004), os terpenóides, ou terpenos, são classificados conforme o número de isoprenos, tendo cada classe suas peculiaridades. Os monoterpenos, por exemplo, o piretróide, são tóxicos para insetos; os mono e sesquiterpenos estão presentes em óleos essenciais de tricomas caulinares e foliares, podendo ser tóxicos para mamíferos herbívoros; os diterpenos, como o forbol, são encontrados em leguminosas e eufórbias arbóreas e causam irritação cutânea e nos órgãos digestivos dos herbívoros; os triterpenos são tóxicos para vertebrados herbívoros e incluem a classe dos cardenolídeos e das saponinas, eos cardenolídeos agem no músculo cardíaco e as saponinas têm poder adstringente.

As saponinas causam hemólise em hemácias nos mamíferos herbívoros, além de inibir o crescimento e a atividade dos micro-organismos do rúmen e possuir efeito deletério sobre a fermentação do rúmen causando uma redução no total dos ácidos graxos totais e a taxa de acetato:propionato de 1,93 para 1,37 na presença de 1% de saponina na dieta (TAIZ e ZEIGER, 2004; KAMRA, 2005). Além disso, Hanson et al. (1973) afirmam que algumas saponinas causam aborto e morte fetal em ruminantes e monogástricos.

FATORES ANTINUTRICIONAIS DE NATUREZA ESTRUTURAL

Constituição química e estrutural da parede celular

A parede celular é uma matriz extracelular formada por polissacarídeos, polifenóis e proteínas, variando sua constituição e estrutura de um tecido para o outro e mesmo de espécie para espécie.

De acordo com Raven et al. (2001), a celulose é o principal polissacarídeo da parede celular, sendo esse componente organizado em microfibrilas que, associadas, formam uma rede de macrofibrilas. Ainda segundo esses autores, os espaços que não são ocupados pela celulose são preenchidos por uma matriz de matéria não-celulósica, como os polissacarídeos, hemicelulose e pectinas, além de polifenóis, como a lignina, substâncias graxas, por exemplo, a cutina e a suberina, além de minerais, como o

cálcio e silício. É comum também a presença de terpenóides e alcalóides na parede celular.

A espessura da parede celular dificulta a digestão do vegetal por reduzir a acessibilidade do material aos micro-organismos ruminais, sendo observado que a digestibilidade da parede celular pode variar de 0% a 100% de acordo com sua deposição (RODRIGUES e GOBBI, 2004). A estrutura e a espessura da parede explicam a baixa degradabilidade de alguns materiais que não apresentam componentes químicos indigeríveis (WILSON, 1997). A baixa digestão de alguns tecidos advém, principalmente, do arranjo adensado de suas células, elevada espessura das paredes celulares e da presença de lignina (PACIULLO, 2002).

Para Jung e Deetz (1993), dentre os componentes químicos associados à parede celular, a lignina é aquela que limita a digestão dos polissacarídeos da parede celular no rúmen. A lignificação prejudica a digestão dos polissacarídeos, principalmente por serem tóxicos aos micro-organismos do rúmen, além do impedimento físico causado pela ligação lignina-polissacarídeo e limitação da ação de enzimas hidrolíticas, causada pela natureza hidrofóbica dos polímeros de lignina. O principal mecanismo de inibição da lignina é como barreira mecânica aos micro-organismos ruminais e as hidrolases secretadas por estes (VAN SOEST, 1994).

Arquitetura tissular

A possibilidade de se associarem as características anatômicas à qualidade nutricional das plantas está relacionada com o fato de que os tecidos distintos apresentam taxa e extensão de digestão diferenciada (AKIN e BURDICK, 1975). Essa diferença na digestão das forragens foi observada em fragmentos foliares de *Panicum maximum* cv. Aruana e Vencedor, sendo observado maior desaparecimento de tecidos na cultivar Aruana, por causa da presença menos intensa de esclerênquima (LEMPP e EZEQUIEL, 1999).

De acordo com Rodrigues e Gobbi (2004), a digestibilidade de lâmina foliar, bainha, pecíolo e caule, estão associados à proporção relativa dos diferentes tecidos em cada órgão. As principais características que interferem negativamente na qualidade nutritiva das forrageiras estão relacionadas com a proporção de tecido vascular e esclerênquima.

Além dos tecidos lignificados, como o xilema e o esclerênquima, a epiderme pode apresentar características que prejudiquem a digestibilidade. A sinuosidade da parede lateral e a cutícula espessa das células epidérmicas de gramíneas, por exemplo, são fatores que diminuem a digestibilidade do material (WILSON, 1997). Cultivares de *P. maximum*, com células de paredes celulares pouco sinuosas e menor presença de sílica, apresentam maior digestibilidade, por causa da maior facilidade de desprendimento das células epidérmicas (LEMPP et al., 1998).

Nas leguminosas, a epiderme está aderida ao mesófilo de forma débil, bem como nas gramíneas C3, o que facilita a ruptura pela mastigação e, conseqüentemente, o acesso dos micro-organismos. As C4, por sua vez, têm a epiderme firmemente fixada aos vasos vasculares, com uma resistência muito maior. Nelas, a epiderme está ligada aos feixes vasculares por uma estrutura que é chamada de estrutura *girder*. Ela pode ser do tipo “I”, que une as duas faces da epiderme da folha ou do tipo “T” em que apenas um lado da epiderme tem essa ligação. Essa estrutura evita, ou pelo menos dificulta, a remoção da epiderme pela digestão ou força física leve e reduz o acesso dos micro-organismos ruminais ao mesófilo e ao parênquima (JERBA et al., 2004).

A presença da estrutura *girder* nas gramíneas, seja em “I” ou “T”, prejudica a ingestão e sua subsequente digestão no rúmen, por meio da resistência física proporcionada às plantas. Lempp et al. (1997), estudando cultivares de *Panicum maximum*, afirmam que os dois tipos de estrutura *girder* interferem na separação dos tecidos e, conseqüentemente, na acessibilidade dos micro-organismos ruminais. No caso dos feixes vasculares de *Brachiaria brizantha*, 93% destes apresentam estrutura *girder* do tipo “I” que seriam as estruturas *girder* que mais prejudicariam a degradabilidade da folha (LEMPP et al., 2002).

Os tecidos das gramíneas C3 são rapidamente digeridos, em relação às espécies C4, relacionando-se essa característica à proporção total dos diferentes tecidos (PACIULLO, 2002). A proximidade dos feixes vasculares, maior em gramíneas C4, seguida das gramíneas C3 e das leguminosas, tem relação com a digestibilidade por causa da inacessibilidade dos tecidos quando os feixes são muito próximos (WILSON, 1997). No caso da epiderme, é notável a diferença entre leguminosas e gramíneas C3 e C4. Ela é a primeira barreira que deve ser cortada para reduzir o tamanho e foi feita para resistir aos estresses físicos e biológicos (insetos, fungos e outros). As plantas C4 têm células vizinhas que se ligam por fortes estruturas sinuosas que as fazem muito mais reforçadas, dificultando a separação. Nas C3, as células vizinhas se unem de maneira reta, mas ainda são mais resistentes às separações do que as leguminosas, que têm uma estrutura em lóbulos e são facilmente separadas (JERBA et al., 2004).

Fibras e demais células lignificadas

As fibras são células esclerenquimáticas longas e finas, com parede secundária e, na maioria das vezes, altamente lignificadas (MAUSETH, 1988). O grau de lignificação dessas células está associado ao valor nutritivo das forragens. A lignificação da fibra ocorre principalmente na parede primária e na lamela mediana, ocorrendo nessas camadas um arranjo mais ramificado e mais estreitamente associado aos polissacarídeos da parede celular (PACIULLO, 2002).

O esclerênquima de algumas espécies vegetais apresenta fibras com paredes celulares espessadas e pouca ou nenhuma lignificação, sendo denominadas de fibras gelatinosas. Tais fibras, também chamadas de mucilaginosas, consistem de parede secundária composta de celulose higroscópica, a qual apresenta alta capacidade de absorver água, geralmente apresentam-se menos lignificadas que os demais tipos de fibras (METCALFE e CHALK, 1989). Portanto, forrageiras que apresentam esclerênquima com células de parede gelatinosa ou com baixo nível de lignificação tendem a ter bom valor nutricional.

A lignificação afeta a porosidade da parede primária, destituindo progressivamente a água da parede celular, tornando-a hidrofóbica e, conseqüentemente, resistente ao ataque microbiano (RODRIGUES e GOBBI, 2004).

Sílica e Cistólitos

A sílica pode estar presente tanto em incrustações na parede celular quanto na forma de depósitos translúcidos denominados de corpúsculos de sílica (METCALFE e CHALK, 1989).

A sílica, assim como a lignina, limita a digestibilidade da forragem por proporcionar resistência física ao vegetal (MOORE e MOTT, 1973). Ela é utilizada pelos vegetais como um elemento estrutural, complementando a lignina e proporcionando maior rigidez à parede celular (VAN SOEST, 1994).

Os cistólitos são cristais de carbonato de cálcio ou de sílica associados às pectinas, presentes nas células epidérmicas de muitas famílias vegetais (MAUSETH, 1988). A presença desses cristais também é um fator antinutricional, pois esse tipo de cristal contribui para maior resistência mecânica à ingestão e digestão do vegetal.

CONCLUSÃO

Futuras pesquisas envolvendo a avaliação de plantas forrageiras devem levar em conta uma série de características, dentre estas: seus aspectos agrônômicos e bromatológicos, sua natureza estrutural, presença de metabólitos secundários e desempenho animal, visando com isso, avaliar o seu real potencial nutritivo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AKIN, D.E. e BURDICK, D. Percentage of tissue types in tropical and temperate grass leaf blades and degradation of tissue by rumen microorganisms. **Crop Science**, Madison, v. 15, p. 661-668, 1975.

ANIMUT, G.; PUCHALA R.; GOETSCH, A.L.; PATRA, A.K.; SAHLU, T.; VAREL, V.H.; WELLS, J. Methane emission by goats consuming different sources of condensed tannins. **Anim. Feed Sci. Techn.**, v. 144, n. 3-4, p. 228-241, 2008.

BARNES, R.F.; GUSTINE, D.L. Allelochemistry and forage crops. In: MATCHES, A.G.; HOWELL, R.E.; FUCCILLO, D.A.; PASKIN, L.H. **Anti-quality components of forages**. Madison: Crop Science Society of America, p. 1-13, 1973.

BARRY, T.N.; McNEILL, D.M.; McNABB, W.C. Plant secondary compounds: their impact on forage nutritive value and upon animal production. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 19., 2001, São Pedro. **Anais...**Piracicaba: FEALQ, p. 445-452, 2001.

BEELEN, P.M.G.; PEREIRA FILHO, J.M.; BEELEN, R.N. **Avaliação de taninos condensados em plantas forrageiras**. 2008. Disponível em: <<http://www.abz.org.br/publicacoes-tecnicas/anais-zootec/palestras/4256-Avaliao-Taninos-Condensados-Plantas-Forageiras.html>>. Acesso em: 03 nov. 2012.

BRANDES, D. e FEITAS, E.A.G. Taninos condensados – uma ferramenta para melhorar o desempenho de ruminante. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v. 5, n. 3, p. 44-48, 1992.

GINER-CHAVES, B.I. **Condensed tannins in tropical forages**. 1996. 196 f. Tese (Doutorado em Filosofia) - Cornell University, Ithaca, 1996.

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**, Belo Horizonte, v. 51, p. 571-576, 1999.

HANSON, C.H.; PEDERSEN, M.W.; BERRANG, B.; WALL, M.E.; DAVIS JÚNIOR, K.H. The saponins in alfalfa cultivars. In: MATCHES, A.G.; HOWWEL, R.E.; FUCCILO, D.A.; PASKIN, L.H. **Anti-quality components of forages**. Madison: Crop Science Society of America, p. 33-52, 1973.

HERRERO, M.; VALLE, C.B.; HUGHES, N.R.G.; SABATEL, V.O.; JESSOP, N.S. Measurements of physical strength and their relationship to the chemical composition of four species of **Brachiaria**. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 92, p. 149-158, 2001.

HUGHES, N.R.G.; VALLE, C.B.; SABATEL, V.; BOOCK, J.; JESSOP, N.S.; HERRERO, M. Shearing strength as a additional selection criterion for quality in **Brachiaria** pasture ecotypes. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 135, p. 123-130, 2000.

- JERBA, V.F.; MEDEIROS, S.R.; FERNANDES, C.D. Forrageiras: principais fatores de antiqualidade. Campo Grande :**Embrapa Gado de Corte**, 2004. 38p.
- JUNG, H.G.; DEETZ, D.A. Cell wall lignification and degradability. In: JUNG, H.; BUXTON, D.R.; HATFIELD, R.D. **Forage cell wall structure and digestibility**. Madison: ASA-CSSA-SSSA, p. 315-346, 1993.
- JUNG, H.G.; MERTENS, D.R.; PAYNE, A.J. Correlation of acid detergent lignin and klason lignin with digestibility of forage dry matter and neutral detergent fiber. **Journal Dairy Science**, Champaign, v. 80, p. 1622-1628, 1997.
- KAMRA, D.N. Rumen microbial ecosystem. **Current Science**, v. 89, n. 1, p. 124-134, 2005.
- KONDO, M.; KITA, K.; IOKOTA, H. Feeding value to goats of whole-crop oat ensiled with green tea waste. **Animal Feed Science and Technology**. Amsterdam, v. 113, p. 71-81, 2004.
- KUMAR, R. e VAITHIYANATHAN, S. Occurrence, nutritional significance and effect on animal productivity of tannins in tree leaves. **Animal Feed Science and Technology**, v.30, p. 21-38, 1990.
- LASCANO, C.E.; SCHMIDT, A.; BARANHONA, R. Forage quality and the environment. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 19., 2001, São Pedro. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2001. p. 351-356.
- LEMPP, B.; VALLE, C.B.; TORRES, F.E.; ALVES, R.; VICTOR, D.M.; MORAIS, M.G. Proporção e arranjo de tecidos de nove acessos de *Brachiaria brizantha*. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39., 2002, Recife. **Anais...** Recife: SBZ, 2002. 5 p.
- LEMPP, B.; EZEQUIEL, J.M.B. Considerações sobre amostras de lâminas foliares de gramíneas para as avaliações anatômicas. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 36., 1999. Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: SBZ, 1999. p. 41.
- LEMPP, B.; EZEQUIEL, J.M.B.; SANTOS, J.M.; DAMIÃO FILHO, C.F.; MARTINS JÚNIOR, A.P.; FIGUEIREDO, L.F.C. Influência das células epidérmicas na fragilidade de lâminas de *Panicum maximum* Jacq. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35., 1998. Botucatu. **Anais...** Botucatu: SBZ, 1998. p. 209-211.
- LEMPP, B.; EZEQUIEL, J.M.B.; SANTOS, J.M.; DAMIÃO FILHO, C.F.; ZIMMER, A.H.; FAVORETTO, V.; CATTELAN, J.W.; MARTINS JÚNIOR, A.P.; FIGUEIREDO, L.F.C. Observação da estrutura *girderna* taxa de digestão dos tecidos em lâminas de *Panicum maximum* Jacq. cv. Aruana e Vencedor. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 34., 1997, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora: SBZ, 1997. p. 15-17.
- MAKKAR, H. P. S. Effect and fate of tannins in ruminant animals, adaptation to tannins, and strategies to overcome detrimental effects of feedings tannin-rich feeds. **Small Ruminant Research, Amsterdam**, v. 49, 241-256, 2003.
- MANGAN, J.L. Nutritional effects of tannins in animal feeds. **Nutrition Research Reviews**. v. 1, p. 209-231, 1988.
- MARTEN, G.C. Alkaloids in reed canarygrass. In: MATCHES, A.G.; HOWELL, R.E.; FUCILLO, D.A.; PASKIN, L.H. **Anti-quality components of forages**. Madison: Crop Science Society of America, p. 15-31, 1973.
- MAUSETH, J.D. **Plant anatomy**. Menlo Park: Benjamin/Cummings, 1988. 568 p.
- METCALFE, C.R.; CHALK, L. **Anatomy of the dicotyledons**. 2 ed. Oxford: University Press, 1989. 297 p.
- McSWEENEY, C.S.; PALMER, B.; BUNCH, R.; KRUSE, D.O. Isolation and characterization of proteolytic ruminal bacteria from sheep and goats fed tannin-containing shrub legume. **Calliandra calothyrsus. Applied and Environmental Microbiology**, Baltimore, v. 65, p. 3075-3083, 1999.
- MOORE, J.E.; MOOT, G.O. Structural inhibitors of quality in tropical grasses. In: MATCHES, A.G.; HOWELL, R.E.; FUCILLO, D.A.; PASKIN, L.H. **Anti-quality components of forages**. Madison: Crop Science Society of America, p. 53-98, 1973.
- OLIVEIRA, J.S.; ZANINE, A.M.; SANTOS, E.D. Processo fermentativo, digestivo e fatores antinutricionais de nutrientes para ruminantes. **Revista Electrónica de Veterinaria**, v. 8, n. 2, 2007.
- PACIULLO, D.S.C. Características anatômicas relacionadas ao valor nutritivo de gramíneas forrageiras. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, p. 357-364, 2002.
- POSSENTI, R. A.; VALARINI, M.J. Degradabilidade ruminal “*in situ*” de leguminosas forrageiras tropicais. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40., 2003, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: SBZ, 2003. 5 p.

RAVEN, P.H.; EVERT, R.F.; EICHHORN, S.E. **Biologia vegetal**. 6. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2001. 906 p.

RODRIGUES, M.T.; GOBBI, K.F. Organização dos tecidos de plantas forrageiras e sua utilização por animais ruminantes. In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 55.; REUNIÃO REGIONAL DE BOTÂNICOS DE MG, BA E ES, 26., 2004, Viçosa, **Conservação, bioprospecção e biotecnologia:** [Simpósios, palestras e mesas redondas]. Viçosa: SBB,UFV, 2004. 29 p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**.3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.

VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2 ed. New York: Cornell University Press, 1994. 476 p.

WILSON, J.R. Structural and anatomical traits of forages influencing their nutritive value for ruminants. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ANIMAL PRODUCTION UNDER GRAZING, 1997, Viçosa. **Anais...** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1997. p. 173-208.