

## Líquido da casca da castanha de caju: características e aplicabilidades na produção animal

Milene Puntel Osmari<sup>1\*</sup>, Laiz Fiorilli de Matos<sup>1</sup>, Beryk Lopriato Salab<sup>1</sup>, Tatiana Garcia Diaz<sup>1</sup>, Francine Mezzomo Giotto<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Estadual de Maringá. Av. Colombo, 5790. Jardim Universitário, CEP: 87020-900. Maringá-PR.

\*Autor para correspondência, E-mail: [mileneosmari@yahoo.com.br](mailto:mileneosmari@yahoo.com.br)

**RESUMO.** A utilização da dieta alto grão pode proporcionar distúrbios metabólicos aos animais, pelo excesso de carboidratos não estruturais, o que induz a queda do pH do rúmen, influenciando negativamente a digestibilidade e o aproveitamento dos nutrientes da dieta. Como alternativa para reduzir os efeitos negativos que este tipo de dieta pode proporcionar aos animais, pode-se fazer o uso de aditivos alimentares e dentre eles se destacam as leveduras, ácidos orgânicos, extratos de plantas, probióticos, anticorpos e os metabólitos secundários de plantas. Existe uma literatura estabelecida sobre a utilização de metabólitos secundários, tais como os óleos funcionais, como aditivos naturais para melhorar a eficiência da fermentação no rúmen, diminuir a produção de metano, reduzir o estresse nutricional e melhorar a saúde animal e produtividade. No entanto, são relativamente escassos os estudos sobre os lipídios fenólicos ou óleos funcionais da família *Anacardiaceae*, que por sua vez são representados pelo líquido da casca da castanha de caju. Contudo, o objetivo da revisão bibliográfica é caracterizar o líquido da casca da castanha de caju e apresentar a sua aplicabilidade na produção animal.

**Palavras chave:** Aditivos naturais, produção animal

### Cashew nut shell liquid: characteristics and applicability in animal production

**ABSTRACT.** The use of high-grain diet can provide metabolic disturbances to the animals, due to excess of non-structural carbohydrates, which induces a decrease in rumen pH, negatively influencing the digestibility and utilization of nutrients. As an alternative to reduce the negative effects that this type of diet can provide to animals, we can use of food additives and among them stand yeasts, organic acids, plant extracts, probiotics, antibodies and secondary metabolites of plants. There is an established literature on the use of secondary metabolites, such as functional oils, such as natural additives for improving the efficiency of rumen fermentation, reduce methane production, reduce the nutritional stress and improving animal health and productivity. However, relatively few studies on the functional phenolic lipids or oils *Anacardiaceae* family, which in turn are represented by shell liquid cashew nuts. However, the purpose of literature review is to characterize the shell liquid cashew and present their applicability in animal production.

**Key-words:** Animal production, natural additives

### Introdução

O crescente consumo de alimentos de origem animal tem estimulado os produtores a buscarem alternativas de intensificação dos sistemas de produção. Se por um lado, as áreas destinadas à agricultura aumentam a cada dia, a produção de grãos para a alimentação humana e animal segue a mesma tendência.

Desta forma, os produtores brasileiros têm utilizado práticas de manejo e nutrição que visam intensificar o sistema de produção como a terminação de animais em confinamento e o uso de dietas alto grão, e conseguem produzir animais ao abate em tempos mais curtos, aumentando o capital de giro e a rotatividade da propriedade.

A utilização da dieta alto grão pode proporcionar distúrbios metabólicos aos animais, pelo excesso de carboidratos não estruturais, o que induz a queda do pH do rúmen, influenciando negativamente a digestibilidade e o aproveitamento dos nutrientes da dieta, além de aumentar a incidência de problemas como abscessos hepáticos, ruminite e laminite. Como alternativa para a redução de distúrbios metabólicos, pode-se fazer o uso de aditivos alimentares.

Segundo o Decreto 76.986 de 06 de janeiro de 1976, aditivos são substâncias intencionalmente adicionadas ao alimento, com a finalidade de conservar, intensificar ou modificar suas propriedades, desde que não prejudique seu valor nutritivo, como os antibióticos, corantes, conservadores, antioxidantes e outros.

No Brasil, os aditivos mais comumente utilizados são os ionóforos como, por exemplo, a monensina sódica e a lasalocida sódica. A principal razão de fornecer ionóforos aos bovinos é prevenir doenças e melhorar a fermentação ruminal com o objetivo de maximizar a eficiência de produção. No entanto, como a utilização de antibióticos na alimentação animal, como promotores de eficiência alimentar foi banida pela União Europeia a partir de 2006 (Regulamento (CE) 1831/2003 do Parlamento Europeu e do Conselho), o foco das pesquisas têm sido buscar substitutos para o seu uso (Spanghero et al., 2008).

Dentre as alternativas de desenvolvimento para modular a fermentação ruminal, inclui-se a utilização de leveduras, de ácidos orgânicos, extratos de plantas, probióticos, anticorpos e os metabólitos secundários de plantas. Metabólitos secundários de plantas são compostos químicos naturais que estão envolvidos principalmente na defesa da planta contra patógenos e garantem a sobrevivência das estruturas e elementos reprodutivos dos vegetais (Benchaar et al., 2008).

Existe uma literatura estabelecida sobre a utilização de metabólitos secundários, tais como os óleos funcionais, como aditivos naturais para melhorar a eficiência da fermentação no rúmen, diminuir a produção de metano, reduzir o estresse nutricional e melhorar a saúde animal e produtividade (Wallace, 2004, Benchaar et al., 2007, Calsamiglia et al., 2007, Zawadzki et al., 2015, Cruz et al., 2014). São relativamente escassos os estudos sobre os lipídios fenólicos ou óleos funcionais da família *Anacardiaceae* que

por sua vez são representados pelo líquido da casca da castanha de caju. Desta forma, a utilização deste produto na alimentação de ruminantes precisa ser explorada, visando a busca da quantidade ideal a ser fornecida, bem como uma melhor compreensão do seu papel no metabolismo animal.

### Importância do caju

O caju (*Anacardium occidentale* L.) é considerado uma das frutas mais importantes e de ampla distribuição nos trópicos. Sua origem é bastante discutida, mas as provas indicam ser o Brasil ou todo o Norte da América do Sul e parte da América Central, os centros de procedência dessa espécie (Andrade Neto, 2006). Seu fruto também é produzido em países tropicais como Índia, Moçambique, Tanzânia e Quênia (Watanabe et al., 2010).

No contexto mundial, o Brasil é o segundo maior produtor de castanhas de caju, ficando atrás somente da Índia. Suas áreas plantadas concentram-se na região Nordeste do Brasil, onde a extração e o processamento da castanha de caju representam atividades com grande capacidade de geração de emprego. A geração de renda e divisas também é importante, tendo em vista a demanda de mercados internacionais pelos diversos tipos de castanha (Guanzirolí et al., 2009).

O caju é formado pela castanha ou fruto e pelo pedúnculo, nominado de falso fruto. A castanha contém uma película envolvente que é removida durante o processamento, da qual são extraídos alcalóides e taninos. Da casca, obtém-se um líquido cáustico inflamável, o líquido da casca da castanha de caju (LCCC) e que constitui, aproximadamente, 25% do peso total da castanha (Amorati et al., 2001) (Figura 1).

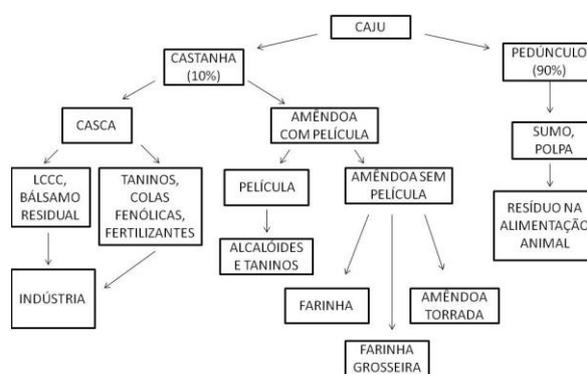


Figura 1. Produtos derivados do caju. Fonte: Adaptado de BNB (1973).

O pedúnculo apresenta alto teor de vitamina C e grande atividade antioxidante, mas ainda é pouco explorado (Agostini-Costa et al., 2004; Vieira et al., 2009). A partir do processamento desta porção pode ser obtida grande quantidade de produtos, destacando-se a produção de sucos, doces e desidratados, como também a sua larga utilização na culinária na obtenção de pratos quentes e frios, farinhas, ração, entre outras (Guanziroli et al., 2009).

O LCCC ainda apresenta diversas aplicações industriais, como obtenção de tintas, vernizes, resinas, inseticidas, fungicidas, materiais elétricos, isolantes, adesivos, entre outros (Wallace, 2004, Lubi & Thachil, 2000).

### ***Extração, caracterização e utilização do líquido da casca da castanha de caju na alimentação animal***

No processo de extração do LCCC, obtêm-se 18% de LCCC e 55% de torta residual que é utilizada como combustíveis nas caldeiras.

A casca é submetida a um aquecimento com vapor até a temperatura de 80°C. Depois do aquecimento, a casca é submetida à prensagem, obtendo-se na operação o LCCC e uma torta com teor residual de LCCC que é extraído por solventes.

O LCCC, obtido por extração mecânica ou por solvente, é submetido à operação de descarboxilação, que tem a finalidade de retirar CO<sub>2</sub> e umidade. Neste processo, o LCCC é aquecido a uma temperatura de 140°C, com agitação. O LCCC descarboxilado é filtrado para a retirada de impurezas através de filtro-prensa. Após filtração, o LCCC é armazenado (Lubi & Thachil, 2000)

Os principais componentes do LCCC são o ácido anacárdico, o cardanol e o cardol (Figura 2). Os ácidos anacárdicos são compostos fenólicos biossintetizados a partir de ácidos graxos. Eles constituem cerca de 70 a 90% do líquido que é extraído da casca da castanha de caju e possuem propriedades cáusticas e irritantes (Lubi & Thachil, 2000).

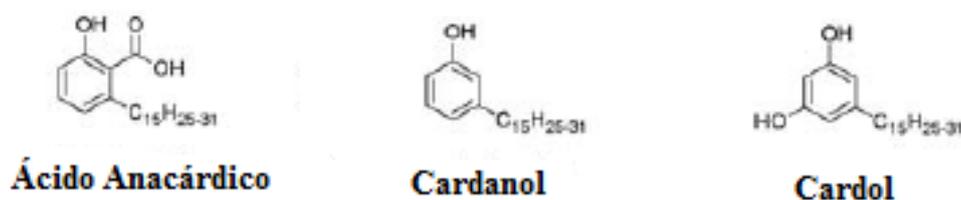


Figura 2 - Principais constituintes do LCCC. Fonte: Adaptado de Mazzetto et al. (2009).

De acordo com Andrade et al. (2011), o ácido anacárdico se apresenta como um dos lipídios mais relatados na literatura com relação à atividade biológica, já que desnaturam as proteínas de microrganismos como as bactérias e fungos. Kubo et al. (1993b) demonstraram o potencial antitumor do ácido anacárdico presente no suco de caju comercial, sugerindo que o consumo contínuo do pedúnculo, assim como de seus subprodutos, durante períodos prolongados pode ser vantajoso no controle de tumores.

Os cardóis, que apresentam estrutura semelhante aos ácidos anacárdicos, possuem uma segunda hidroxila no anel aromático e compõem cerca de 10% do LCCC. Os cardóis assim como os ácidos anacárdicos desencadeiam reações de hipersensibilidade, podendo desencadear processos de dermatite perioral quando consumidas. Previamente considerado como um composto tóxico apresentou atividade antifilaríase, na inibição da acetilcolinesterase,

contra o caramujo vetor da parasitose esquistossomose (Mazzetto et al., 2009).

O tratamento térmico a que o LCCC sofre durante seu processo de extração, favorece a descarboxilação do ácido anacárdico, com formação de cardanol, obtendo assim o LCCC técnico (Mazzetto et al., 2009) (Figura 3).

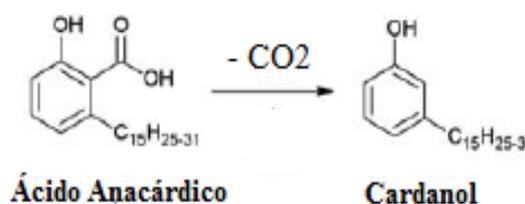


Figura 3. Processo de descarboxilação do ácido anacárdico. Fonte: Adaptado de Mazzetto Mazzetto et al. (2009).

De acordo com Mazzetto et al. (2009), o LCCC natural apresenta uma grande quantidade de ácido anacárdico, entretanto, o LCCC técnico

possui elevado percentual de cardanol. Este, por sua vez, não possui cheiro agressivo, apresenta baixa volatilização e sua principal característica é a sua não toxicidade. Ainda, seus derivados apresentam características antioxidantes,

resistência à chama e hidrofobicidade (Amorati et al., 2001, Mazzetto et al., 2009).

Baseado em Mazzetto et al. (2009), na Tabela 1 são demonstradas as principais características entre o LCCC natural e o técnico, de acordo com a concentração de seus princípios ativos.

Tabela 1. Composição do líquido da casca da castanha de caju (LCCC) natural e técnico

LCCC	Ácido anacárdico	Cardol	Cardanol
Natural	71,7 – 82,0%	13,8 – 20,1%	1,6 – 9,2%
Técnico	1,1 – 1,7%	3,8 – 18,8%	67,8 – 94,6%

Fonte: Baseado em Mazzetto et al. (2009).

A capacidade dos ácidos anacárdicos em quelatar os metais é uma vantagem adicional a partir do momento que reduz o efeito de transição da catalização do metal na peroxidação lipídica. É sabido que agentes quelantes, que formam ligação com um metal, são eficazes como antioxidantes secundários, pois reduzem o potencial redox, estabilizando a forma oxidada do íon metálico (Kubo et al., 2006).

O poder antioxidante de compostos químicos derivados do LCCC foi relatado por Andrade et al. (2011), atribuindo esses efeitos à elevada participação do cardol e cardanol presente no material utilizado.

O LCCC também foi associado a possível redução de cálculos renais, visto que reduz a formação de ácido úrico, através da inibição da xantina oxidase, principal enzima envolvida no metabolismo das purinas (Kubo et al., 2006).

A atividade antimicrobiana do LCCC tem sido atribuída ao número de terpenoides e de compostos fenólicos, da mesma forma que seus constituintes químicos e grupos funcionais, a proporção presente de cada um e a interação entre esses compostos. Para Burt (2004) efeitos aditivos, de sinergismo e antagonismos têm sido observados entre os componentes dos óleos funcionais.

Uma importante característica dos óleos funcionais e seus componentes é seu caráter lipofílico (Benchaar et al., 2008) a qual lhes permite o rompimento dos lipídios da membrana celular bacteriana e mitocôndrias, desorganizando as estruturas e tornando-os mais permeável. Podem ocorrer o extravazamento de íons, a translocação de proteínas, a fosforilação e outras reações enzima dependentes, o que conduz à morte bacteriana (Burt, 2004), pois exige da célula um gasto de energia para tentar

restabelecer as funções orgânicas normais (Calsamiglia et al., 2007).

As bactérias Gram-positivas parecem ser mais suscetíveis aos efeitos antibacterianos dos óleos funcionais do que as bactérias Gram-negativas. Isto porque as bactérias Gram-negativas possuem dupla camada celular que age como uma barreira, limitando o acesso dos compostos hidrofóbicos (Burt, 2004). No entanto, e em contraste com a monensina e outros ionóforos, o pequeno peso molecular que a maioria dos extratos de plantas possui, permite ultrapassar a membrana externa de bactérias Gram-negativas, agindo contra elas também (Calsamiglia et al., 2007).

Para Calsamiglia et al. (2007), esta capacidade de ação tanto contra bactérias Gram-positivas quanto Gram-negativas reduz a seletividade dos compostos contra populações específicas, tornando mais difícil a modulação da fermentação dos microrganismos ruminais. Da mesma forma, o limitado número de informações publicadas a respeito dos efeitos dos óleos funcionais no ambiente ruminal pode resultar em confusão e inapropriados usos dos produtos e dosagens. Assim, é urgente a necessidade de se conduzir estudos “in vivo” para determinar a dosagem ótima e os efeitos no desempenho animal (Calsamiglia et al., 2007).

Como os compostos fenólicos presentes no LCCC agem contra as bactérias Gram-positivas, incluindo bacilos e estafilococcus (Kubo et al. (1993a) é esperado que esses compostos, principalmente o ácido anacárdico, inibam as *Streptococcus bovis*. Estas por sua vez podem contribuir para alguns distúrbios metabólicos, como a acidose láctica e o timpanismo de bovinos em confinamento (Nagaraja & Titgemeyer, 2007).

Bactérias Gram-positivas como *Ruminococcus flavefaciens*, *Ruminococcus albus*, *Ehrlichia ruminantum* e *Butyrivibrio fibrisolvens*, que produzem hidrogênio, fumarato e butirato, mostraram-se sensíveis ao LCCC (Watanabe et al., 2010, Shinkai et al., 2012). A redução dessas bactérias proporcionou o aumento das bactérias Gram-negativas *Succinivibrio dextrinosolvens*, *Selenomonas ruminantum* e *Megasphaera elsdenii*, que estão envolvidas na produção de propionato, pela tolerância ao LCCC. Todas essas modificações em relação às espécies de bactérias poderiam causar mudanças na fermentação ruminal, como redução na produção de metano e aumento na produção de propionato (Van Nevel, 1991, Watanabe et al., 2010, Shinkai et al., 2012).

Neste sentido, o LCCC pode reduzir os indícios de acidose láctica em dietas de alto grão, pois atua principalmente em bactérias Gram-positivas (Watanabe et al., 2010; Shinkai et al., 2012).

Para Kohlert et al. (2000), os princípios ativos dos óleos funcionais são absorvidos no intestino e metabolizados rapidamente no organismo humano, sendo seus produtos eliminados via urina e respiração na forma de CO<sub>2</sub>. Ainda são limitados os dados a respeito do comportamento dos óleos funcionais no organismo de animais, principalmente ruminantes.

Pouco se sabe a respeito da quantidade ideal a ser fornecida aos animais, e os poucos dados referentes à utilização do LCCC na alimentação animal, referem-se a respostas obtidas com o fornecimento de *blend* do LCCC com mamona (Essential®).

Todavia, uma investigação mais detalhada é necessária, visto que algumas pesquisas demonstraram que níveis acima de 8 g/animal/dia do Essential® podem ser prejudiciais aos microrganismos ruminantes (Coneglian, 2009), por diminuir a digestibilidade da fibra.

Zawadzki et al. (2015) ao fornecer 3 g/animal/dia de Essential® via concentrado para bovinos em terminação, não verificou efeito dos óleos funcionais no desempenho dos animais, o mesmo ocorrendo quando o produto foi associado ao glicerol.

Purevjav (2011) não verificou efeito da adição de um produto comercial à base de LCCC na dieta de bovinos em terminação em relação ao consumo de matéria seca (MS). O autor comenta

que seus resultados foram dependentes da dose, pois ao alimentarem os animais com 250 mg/kg de MS ingerida do produto com LCCC, estes apresentaram sensível melhora na eficiência alimentar, em relação aos alimentados com 500 mg/kg de MS ingerida.

Diaz (2013), ao avaliar cinco níveis de concentrado (200, 400, 600, 800 e 1000 g/kg de MS), quatro níveis de inclusão do LCCC (0; 0,3; 0,6 e 1,2 kg de LCC/kg de MS) e uma dieta controle composta somente por silagem de milho, verificou diminuição da digestibilidade “in vitro” da MS quando o LCCC técnico foi administrado acima de 0,5 g/kg de MS.

Ao avaliarem o desempenho, características de carcaça e microbiologia do intestino de frangos de corte alimentados com LCCC, López et al. (2012) verificaram que o produto apesar de não ter favorecido as variáveis produtivas controlou a proliferação de *E.coli* no intestino e preveniu a presença de *Clostridium perfringes* e *Salmonella spp.* no conteúdo intestinal dos animais.

Os resultados contraditórios obtidos com o uso de extratos de plantas na nutrição animal devem-se ao tipo de óleo funcional utilizado ou a mistura de óleos funcionais, e são altamente dependentes da população microbiana ruminal, da acidez ruminal e da duração do período de adaptação das bactérias aos extratos de plantas (Spanghero et al., 2008) o que dificulta a obtenção de uma dosagem ideal de utilização, principalmente, “in vivo”, visto que a maioria dos resultados são obtidos “in vitro”.

Em termos de metabolismo de proteínas, o mecanismo de ação pode estar relacionado com a inibição da desaminação, embora a inibição da quebra de peptídeos também tem sido sugerida para alguns óleos funcionais. No entanto, um extrato universal que funciona em condições diferentes pode não existir porque os efeitos são dependentes do pH e da dieta (Calsamiglia et al., 2007).

Segundo Coneglian (2009), a digestibilidade aparente total da proteína foi influenciada pelos níveis de LCCC fornecido a bovinos, provavelmente porque as quantidades de 2 e 4 g/dia proporcionaram maior fluxo de nitrogênio para o intestino delgado, consequência da diminuição da fermentação de peptídeos e aminácidos no rúmen, em virtude da menor deaminação. Desta forma, poderia diminuir a

concentração de amônia circulante no rúmen, principalmente em dietas de alto grão, ou com fornecimento de nitrogênio não proteico via alimento.

Para Calsamiglia et al. (2007), a limitada informação científica disponível em relação aos efeitos dos óleos funcionais e seus mecanismos de ação pode resultar em confusão e uso inadequado de produtos e doses.

### Conclusão

É comprovada a aplicabilidade do líquido da casca da castanha de caju na manipulação do ambiente ruminal. No entanto, a maior parte dos resultados é oriunda de ensaios “*in vitro*” o que acaba dificultando que esses mesmos resultados sejam alcançados em experimentos “*in vivo*”. Desta forma, mais pesquisas nessa área seriam fundamentais para validarmos sua utilização como aditivo natural na alimentação de bovinos.

### Referências bibliográficas

- Amorati, R., Pedulli, G. F., Valgimigli, L., Attanasi, O. A., Filippone, P., Fiorucci, C. & Saladino, R. 2001. Absolute rate constants for the reaction of peroxy radicals with cardanol derivatives. *Journal of the Chemical Society, Perkin Transactions 2*, 2142-2146.
- Andrade, T. J. A. S., Araújo, B. Q., Citó, A. M. G. L., Silva, J., Saffi, J., Richter, M. F. & Ferraz, A. B. F. 2011. Antioxidant properties and chemical composition of technical Cashew Nut Shell Liquid (tCNSL). *Food Chemistry*, 126, 1044-1048.
- Benchaar, C., Calsamiglia, S., Chaves, A. V., Fraser, G. R., Colombatto, D., McAllister, T. A. & Beauchemin, K. A. 2008. A review of plant-derived essential oils in ruminant nutrition and production. *Animal Feed Science and Technology*, 145, 209-228.
- Benchaar, C., Chaves, A. V., Fraser, G. R., Wang, Y., Beauchemin, K. A. & McAllister, T. A. 2007. Effects of essential oils and their components on *in vitro* rumen microbial fermentation. *Canadian Journal of Animal Science*, 87, 413-419.
- Burt, S. 2004. Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods—a review. *International Journal of Food Microbiology*, 94, 223-253.
- Calsamiglia, S., Busquet, M., Cardozo, P. W., Castillejos, L. & Ferret, A. 2007. Invited review: essential oils as modifiers of rumen microbial fermentation. *Journal of Dairy Science*, 90, 2580-2595.
- Coneglian, S. M. 2009. Uso de óleos essenciais de mamona e cajú em dietas de bovinos. *Programa de Pós-graduação em Zootecnia*. Universidade Estadual de Maringá, Maringá.
- Cruz, O. T. B., Valero, M. V., Zawadzki, F., Rivaroli, D. C., Prado, R. M., Lima, B. S. & Prado, I. N. 2014. Effect of glycerine and essential oils (*Anacardium occidentale* and *Ricinus communis*) on animal performance, feed efficiency and carcass characteristics of crossbred bulls finished in a feedlot system. *Italian Journal of Animal Science*, 13, 790-797.
- Diaz, T.G. Avaliação *in vitro* da inclusão do líquido da casca da castanha do caju em dietas para ruminantes. 2013. 60f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá.
- Guanziroli, C. E., Souza Filho, H., Valente Júnior, A. & Basco, C. A. 2009. Entraves ao desenvolvimento da cajucultura no nordeste: margens de comercialização ou aumentos de produtividade e de escala. *Sociedade Brasileira de Economia Administração e Sociologia Rural*, 18, 96-122.
- Kohlert, C., Rensen, I. V., März, R., Schindler, G., Graefe, E. U. & Veit, M. 2000. Bioavailability and pharmacokinetics of natural volatile terpenes in animals and humans. *Planta Medica*, 66, 495-505.
- Kubo, I., Masuoka, N., Ha, T. J. & Tsujimoto, K. 2006. Antioxidant activity of anacardic acids. *Food Chemistry*, 99, 555-562.
- Kubo, I., Muroi, H., Himejima, M., Yamagiwa, Y., Mera, H., Tokushima, K., Ohta, S. & Kamikawa, T. 1993a. Structure-antibacterial activity relationships of anacardic acids. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 41, 1016-1019.
- Kubo, I., Ochi, M., Vieira, P. C. & Komatsu, S. 1993b. Antitumor agents from the cashew (*Anacardium occidentale*) apple juice. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 41, 1012-1015.
- López, C.A.A.; Lima, K.R.S. & Manno, M.C. 2012. Effects of cashew nut Shell liquid

- (CNSL) on the performance of broiler chickens. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 64,1027-1035.
- Lubi, M. C. & Thachil, E. T. 2000. Cashew nut shell liquid (CNSL)-a versatile monomer for polymer synthesis. *Designed Monomers and Polymers*, 3, 123-153.
- Mazzetto, S. E., Lomonaco, D. & Mele, G. 2009. Óleo da castanha de caju: oportunidades e desafios no contexto do desenvolvimento e sustentabilidade industrial. *Química Nova*, 32, 732-741.
- Nagaraja, T. G. & Titgemeyer, E. C. 2007. Ruminant acidosis in beef cattle: The current microbiological and nutritional outlook. *Journal of Dairy Science*, 90, E17-E38.
- Shinkai, T., Enishi, O., Mitsumori, M., Higuchi, K., Kobayashi, Y., Takenaka, A., Nagashima, K. & Mochizuki, M. 2012. Mitigation of methane production from cattle by feeding cashew nut shell liquid. *Journal of Dairy Science*, 95, 5308-5316.
- Spanghero, M., Zanfi, C., Fabbro, E., Scicutella, N. & Camellini, C. 2008. Effects of a blend of essential oils on some end products of *in vitro* rumen fermentation. *Animal Feed Science and Technology*, 145, 364-374.
- Van Nevel, C. J. 1991. Modification of rumen fermentation by the use of additives. In: Jouany, J. P. (ed.) *Rumen microbial metabolism and ruminant digestion*. INRA, Paris.
- Wallace, R. J. 2004. Antimicrobial properties of plant secondary metabolites. *Proceedings of the Nutrition Society*, 63, 621-629.
- Watanabe, Y., Suzuki, R., Koike, S., Nagashima, K., Mochizuki, M., Forster, R. & Kobayashi, Y. 2010. *In vitro* evaluation of cashew nut shell liquid as a methane-inhibiting and propionate-enhancing agent for ruminants. *Journal of Dairy Science*, 93, 5258-5267.
- Zawadzki, F., Bonafé, E. G., Prado, R. M., Valero, M. V., Visentainer, J. V. & Prado, I. N. 2015. Corn replace by glycerin and functional oils (*Anacardium acid* and *Ricinoleic acid*) as additive alternative in the diets of crossbred bulls finished in feedlot: carcass and *Longissimus dorsi* characteristics. *Meat Science*, in press.

Recebido em Setembro 16, 2014

Aceito em Novembro 4, 2014

License information: This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited