

USO DE SUBPRODUTOS DO ALGODÃO NA NUTRIÇÃO DE RUMINANTES

Tiago do Prado PAIM¹, Helder LOUVANDINI¹, Concepta Margaret McMANUS²,
Adibe Luiz ABDALLA¹

RESUMO

O caroço, o farelo e a torta de algodão destacam-se como fonte alternativa de proteína e energia, que pode diminuir o custo da dieta dos animais. Estes produtos apresentam elevada quantidade de ácidos graxos, o que pode propiciar maior deposição de gordura na carcaça e maior ganho em peso, além de uma carne de melhor qualidade. Uma das grandes limitações para o uso desses produtos na nutrição animal é a presença de quantidades elevadas de gossipol (Gp). Esta substância é tóxica para os animais, sendo bastante conhecidos os seus efeitos deletérios no sistema reprodutivo de machos, principalmente em animais jovens. Esta característica tem criado alguma resistência ao uso desses produtos na nutrição de ruminantes. Entretanto, apesar do potencial tóxico do Gp e de fatores de risco associados com a diminuição da fertilidade, os subprodutos do algodão oferecem uma alternativa que pode ser segura para a alimentação de ruminantes quando o teor desta substância no alimento é conhecido e utilizado em níveis recomendados. Dessa forma, realizou-se a presente revisão objetivando esclarecer dúvidas quanto ao uso dos subprodutos do algodão na alimentação de ruminantes, evidenciando resultados de efeitos no sistema reprodutivo e de desempenho dos animais.

Palavras-chave: ácidos graxos, caroço de algodão, infertilidade, gossipol, reprodução.

USE OF COTTON BYPRODUCTS IN RUMINANT NUTRITION

ABSTRACT

The whole cotton seed, the bran and pie stands out as an alternative source of protein and energy, which can decrease the cost of the animal diet. These products feature high amounts of fatty acids, which may provide greater deposition of carcass fat and increased weight gain, and better meat quality. A major limitation for using these products in animal nutrition is the presence of high amounts of gossypol. This substance is toxic to animals and their harmful effects are well known on the reproductive system of males, especially in young animals. This feature has created some resistance in using these products in ruminant nutrition. Despite the potential toxic effects of Gp and risk factors associated with declining fertility, the byproducts of cotton offer an alternative that can be safely fed to ruminants if the level of Gp in the food is known and used at recommended levels. Thus, we carried out this review aiming to clarify the doubts regarding the use of cotton byproducts in ruminant feeding, presenting results of effects on the reproductive system and in the performance of animals.

Key-words: fatty acids, cotton seed, infertility, gossypol, reproduction.

¹ Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA), Universidade de São Paulo (USP), Av. Centenário, 303, Piracicaba-SP. CEP: 13400-970; Piracicaba, São Paulo, Brasil. E-mail: pradopaim@hotmail.com. *Autor para correspondência.

² Departamento de Zootecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)

INTRODUÇÃO

A produção nacional de algodão, que ocorria sob cultivo tradicional (intensivo em mão-de-obra) principalmente nas Regiões Sul e Sudeste do Brasil (Estados de São Paulo e Paraná) na década de 60 e 70, passou a se desenvolver a partir de 1990, estendendo-se principalmente para a região Centro-Oeste do país (Estados de Mato Grosso, Goiás e Mato Grosso do Sul), avançando também para outras regiões como a Sudeste (Minas Gerais) e Nordeste (Bahia) (ALVES et al., 2008).

A produtividade agrícola de algodão em caroço que nos 20 anos anteriores a 1985 estagnara em índices abaixo de 600 kg/ha, em 1997 alcançou 1.400 kg/ha, e em 2004 ultrapassou 3.300 kg/há. O avanço da produção esteve ancorado num novo sistema produtivo, baseado em grandes extensões de áreas e na mecanização do plantio à colheita (ALVES et al., 2008). Com isso, a produtividade brasileira alcançou grande salto, ultrapassando as médias obtidas pelos principais países produtores, que são China, Estados Unidos, Índia, Paquistão e Uzbequistão (SANTOS e KOURI, 2007).

Na safra de 2010, a produção de algodão com 1.802.360 t (IBGE, 2010), fez com que o país conquistasse importante participação no cenário mundial, tanto em termos de produção quanto de exportação, gerando uma grande disponibilidade de subprodutos originados do processamento do algodão, como o caroço, farelo, torta e casca, viabilizando o uso desses produtos como fonte alternativa de nutrientes na alimentação de animais.

No entanto, uma grande limitação ao uso desses produtos, é a presença de quantidades elevadas de gossipol (Gp). Esta substância é tóxica para os animais, sendo bastante divulgados os seus efeitos deletérios no sistema reprodutivo, principalmente em animais jovens. A presença do gossipol tem gerado alguma resistência

ao uso desses produtos na nutrição de ruminantes. Dessa forma, realizou-se a presente revisão, com o objetivo de verificar a incorporação destes produtos na dieta dos animais, o que pode contribuir para o aumento na rentabilidade da atividade pecuária.

CARACTERÍSTICAS NUTRICIONAIS DOS SUBPRODUTOS DO ALGODÃO

O processamento do algodão consiste inicialmente na separação da fibra longa das sementes, processo denominado descaroçamento, que resulta em caroço com línter, caracterizado por apresentar fibras finas e curtas, que permanecem ligadas ao caroço (SANTOS et al., 2009). O caroço de algodão pode ser destinado à moagem, no processamento industrial, para a extração do óleo para o consumo humano, gerando assim, os demais subprodutos. O farelo de algodão é obtido quando são utilizados processos químicos (solventes) e físicos (prensagem) para a extração do óleo. Já a torta de algodão é obtida quando é utilizada apenas a prensagem.

O caroço de algodão com línter possui 23,0% de proteína bruta (PB), 17,8% de extrato etéreo (EE), 47,0% de fibra em detergente neutro (FDN), 39% de fibra em detergente ácido (FDA) e 95% de nutrientes digestíveis totais (NDT) (NRC, 2007), fazendo deste produto um bom suplemento protéico e energético, encontrando-se na literatura vários trabalhos indicando bom desempenho produtivo de animais alimentados com caroço de algodão (MADRUGA et al., 2008; BERNARDES et al., 2007; ROGERS et al., 2002; KANDYLIS et al., 1998).

A composição dos alimentos apresentada no NRC (2007) é obtida a partir de dados gerados nos Estados Unidos da América, no entanto existe variação na composição dos alimentos de acordo com a região na qual que é produzido (clima, solo, altitude) e quanto à variedade utilizada. No

Brasil, dados obtidos por Valadares Filho et al. (2006) para composição bromatológica do caroço de algodão indicaram 22,62% PB, 18,9% EE, 46,04% FDN, 35,85% FDA e 81,92% NDT.

Dentre as sementes oleaginosas, o caroço de algodão destaca-se por apresentar altas concentrações de óleo, proteína e fibra (ROGÉRIO et al., 2003). Devido ao alto teor de fibra, a substituição de volumosos pelo caroço de algodão é bastante estudada. Bernardes et al. (2007), utilizando caroço de algodão incorporado ao concentrado (13,5%) à vontade, concluíram que o caroço de algodão substituiu, sem prejuízos o feno como fonte de fibra na dieta de bezerras.

O valor nutricional do farelo de algodão pode variar de acordo com a adição de maior ou menor teor de casca, por isso, no mercado, tem-se o farelo de algodão com diferentes teores de proteína bruta, sendo mais comuns os farelos com 30% de PB e 44% de PB. O farelo com 44% de PB apresenta: 1,8% de EE, 23% de FDN e 77% de NDT (NRC, 2007). No Brasil, Valadares Filho et al. (2006) apresentaram dados de farelo de algodão com 38% de PB, 1,87% de EE, 34,92% de FDN e 68,31% de NDT.

O alto teor relativo de proteína bruta e o baixo custo do farelo de algodão o tornaram uma opção para a formulação de dietas para animais. Dessa forma, alguns trabalhos têm apresentado desempenhos satisfatórios de ruminantes alimentados com farelo de algodão (KANDYLIS et al., 1999; ROGERS et al., 2002).

O teor de extrato etéreo da torta é maior do que o de farelo de algodão, já que, para obtenção da torta, é utilizada apenas a prensagem para extração de óleo. Dados da composição bromatológica da torta de algodão são escassos na literatura, entretanto, o NRC (2007) descreve a seguinte composição: 46% de PB, 5% de EE, 18% de FDA, 31% de FDN e 80% de NDT.

A casca de algodão compreende a camada externa do caroço de algodão

com algum línter aderido. Este subproduto apresenta alto teor de fibra, o que o torna interessante como alimento volumoso alternativo para ruminantes (CHIZZOTTI et al., 2005; MAGALHÃES et al., 2005). A composição da casca do algodão é muito variável, pois a eficiência da extração da pluma e da retirada da casca não é constante, levando a diferentes proporções entre línter e polpa. A composição média da casca de algodão é de 4,2% de PB, 2,93% de EE, 61,70% de FDA, 77,68% de FDN e 42% de NDT, conforme descrito pelo NRC (2007).

De acordo com Gioielli (1996), o óleo de algodão é composto por aproximadamente 30% de ácidos graxos saturados, 50% de ácido linoléico (C18:2) e 20% de ácidos graxos monoinsaturados, caracterizando-se como uma boa fonte de ácidos graxos insaturados. As altas concentrações de ácidos graxos no caroço de algodão é um importante fator a ser levado em consideração para uso na nutrição de ruminantes, pois possibilitam elevar a densidade energética das dietas sem diminuir os teores de fibra e proteínas, além de elevar a quantidade de ácidos graxos insaturados na dieta.

ÁCIDOS GRAXOS

Estudos realizados por Coppock e Wilks (1991), avaliando o fornecimento de lipídeos na dieta de vacas leiteiras, demonstraram que o fornecimento de lipídeos provenientes de sementes oleaginosas para ruminantes apresentou uma liberação lenta de gordura durante o decorrer de todo o dia, devido à regurgitação e remastigação. Essa particularidade, possivelmente permitiu a ação de microorganismos ruminais, realizando a hidrogenização das ligações duplas dos ácidos graxos insaturados, impedindo o efeito inibidor da gordura sobre a digestibilidade da fibra.

Os ácidos graxos insaturados tem sido um dos principais enfoques de estudos na nutrição humana, tendo em vista os efeitos

benéficos, principalmente, em relação ao sistema cardiovascular (TAUBES, 2001). Há indícios de que o tipo de dieta fornecida ao animal pode alterar o perfil de lipídeos da carne e leite de bovinos, o que permitiria manipular a composição da fração gordurosa, por meio do uso, por exemplo, de sementes oleaginosas (FRENCH et al., 2000). Assim, o fornecimento de ácidos graxos insaturados na forma protegida ou na forma de grãos e sementes, como por exemplo, caroço de algodão, na alimentação de ruminantes é importante porque poderia aumentar o valor nutricional dos alimentos de origem animal através de maior oferta da quantidade de ácidos graxos poliinsaturados (CORTE, 2007).

No entanto, é encontrada grande variação nos resultados da adição de ácidos graxos insaturados à dieta, com alguns trabalhos apontando para o aumento na quantidade de ácidos graxos poliinsaturados no leite e na carne de ruminantes (SANTOS et al., 2001; FERNANDES et al., 2008; EIFERT et al., 2008). Por outro lado, outros estudos apresentaram aumento na quantidade de ácidos graxos saturados na carne (MADRUGA et al., 2008) e no leite (MAIA et al., 2006), indicando ocorrência da biohidrogenação ruminal. E, no caso de vacas leiteiras, alguns trabalhos demonstraram que, a presença de ácidos graxos insaturados na dieta, aumenta a probabilidade de redução da concentração de gordura no leite, uma vez que produtos intermediários da biohidrogenação, como o trans-11, podem interferir no processo de síntese de gordura do leite pela glândula mamária (PIPEROVA et al., 2000).

O alto nível de ácidos graxos poliinsaturados pode elevar a fertilidade em fêmeas bovinas por diferentes caminhos. Nos ovários, há relatos do efeito de ácidos graxos sobre o número e tamanho de folículos ovarianos, tamanho do corpo lúteo e na qualidade ovocitária (BILBY et al., 2006; RAES et al., 2004; ROBINSON et al., 2002).

Além disso, outros estudos também observaram influência de dietas contendo ácidos graxos sobre a qualidade embrionária e a concentração circulante de prostaglandinas e hormônios esteróides (CHILDS et al., 2008a; CHILDS et al., 2008b; CERRI et al., 2009). Especula-se que a associação entre lipídeos e esteróides poderia ocorrer pelo aumento das concentrações circulantes de colesterol, precursor da síntese de esteróides ou mesmo alterando a síntese de prostaglandina (SARTORI e GUARDIEIRO, 2010).

De acordo com Bellows et al. (2001), a suplementação com gordura para vacas de corte no final da gestação, é um meio eficaz para melhorar o sucesso reprodutivo. Willard et al. (1995) utilizaram vacas prenhes suplementadas com caroço de algodão, determinando três níveis de gossipol livre (GL) (0, 2 ou 4 g/animal/dia), durante 90 dias pré-parto e 112 dias pós-parto. Entre os dias 96 e 105 pós-parto a maioria das vacas alimentadas com dieta contendo caroço de algodão apresentou atividade luteal. O intervalo entre o parto e a concepção foi menor em animais consumindo caroço de algodão, resultando em uma maior taxa de prenhez (66,7%, com 2g de GL, e 73,3%, com 4g de GL, versus 33% do controle) em vacas, no período de 112 dias pós-parto.

Rogério et al. (2004) avaliando machos ovinos castrados, recomendaram a inclusão do caroço de algodão na dieta em níveis entre 12 e 24% do total de alimentos fornecidos. Acima de 24%, estes autores, observaram efeito negativo na digestibilidade de FDN, FDA e celulose, que pode ser justificada pelo efeito negativo dos lipídeos existentes no caroço sobre a degradação das fibras. O nível de EE no referido estudo foi de 6,5% na dieta total, quando incluso 35% de caroço de algodão em relação à ingestão total de matéria seca (IMS), prejudicando o processo digestivo de fibras.

Cordeiros alimentados com 17,9% da IMS de farelo de algodão demonstraram uma redução na ingestão e na digestibilidade da matéria seca total da dieta. Efeito similar foi observado em ovelhas que ingeriram 20% da IMS em torta de algodão, assim como naqueles animais alimentados com 20% de caroço de algodão inteiro (NAGALAKSHMI et al., 2003), o que foi justificado pela elevada ingestão de EE na dieta.

O alto teor de gordura na dieta pode ainda estar relacionado com uma menor produção de gases do efeito estufa. Resultados recentes mostraram que a substituição total do farelo de soja por tortas de algodão proporcionou menor produção total de metano (ABDALLA et al., 2008). De acordo com Arieli (1998), mensurações diretas da produção de metano revelaram uma redução de 12 a 14% em ovelhas alimentadas com 25% de caroço de algodão em relação à IMS.

GOSSIPOL

Uma das grandes limitações ao uso do caroço de algodão e seus subprodutos na nutrição animal é a presença de quantidades elevadas de gossipol [2,20-bis(8-formil-1,6,7-trihidroxil-5-isopropil-3-metil-naphthalene)] (Figura 1) (TILYABAEV et al., 2009). O Gp apresenta-se como uma mistura de esteroisômeros (+) e (-), com o isômero negativo (-) apresentando maior atividade biológica (McCAUGHEY et al., 2005).

Esta substância é considerada um terpeno incomum, isolado da planta e das sementes do algodão (família Malvaceae), sendo tóxico ao animal quando está na forma livre, predominante no caroço. Os monogástricos apresentam elevado grau de sensibilidade a esta substância, enquanto os ruminantes, devido à detoxificação ruminal, são mais tolerantes (BARBOSA e GATTÁS, 2004).

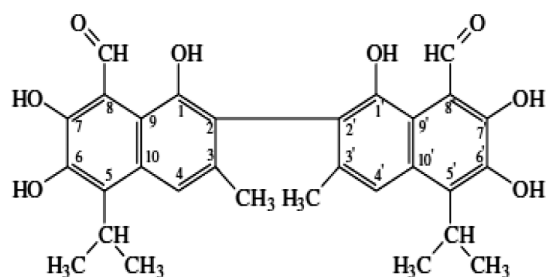


FIGURA 1 - Estrutura do gossipol (aldeído tautomérico).

Fonte: Tilyabaev et al. (2009, Figura 1).

O gossipol tem sido alvo de pesquisas recentes, devido a sua importância em atividades biológicas, como a antifúngica, antiviral, anticancerígena e efeitos antifertilidade (TALIPOV et al., 2009). Comumente, para análise do teor de Gp, são utilizados a cromatografia líquida de alta performance (HPLC) e a espectrofotometria, conforme recomendado pela Associação Americana de Químicos de Óleos (AOCS) (HRON et al., 1990). Ambos os métodos, dependem de procedimentos de extração e derivatização. A derivatização consiste em promover a ligação do gossipol a outras substâncias para aumentar a estabilidade da molécula e permitir a quantificação da mesma, sendo os melhores resultados encontrados, quando o gossipol é ligado à lisina (WANG e PLHAK, 2000).

Segundo Wang e Plhak (2004), o HPLC e os métodos colorimétricos nem sempre apresentam o mesmo resultado, devido à natureza empírica dos mesmos e a existência de diversos tipos de gossipol ligados e, além disso, o método da AOCS é trabalhoso e sujeito a interferência de outros compostos terpenóides que coexistem nas amostras de subprodutos do algodão, enquanto o método por HPLC requer um preparo muito cuidadoso e detalhista da amostra. Em contrapartida, Hron et al. (1990), consideraram o HPLC um método simples, sensível e de reprodutibilidade nos resultados.

O desenvolvimento e uso de anticorpos policlonais antigossipol, foram relatados por

Wang e Plhak (2000). Entretanto, a derivatização da amostra ainda se fazia necessário porque os anticorpos, somente reconheciam o gossipol na forma conjugada. Em 2004, estes mesmos autores apresentaram um método de análise através de anticorpos monoclonais, que apresentavam capacidade em reconhecer o gossipol diretamente, tanto o gossipol ligado quanto o livre, eliminando a necessidade da derivatização e auxiliando na compreensão do papel biológico de cada forma e apresentando alta correlação com o método da AOCS.

Robinson et al. (2001), avaliando o teor de Gp entre diferentes variedades de caroço de algodão do tipo Pima (*Gossypium barbarens*), encontraram variações modestas nos níveis de gossipol livre (1,04% a 1,15% da MS), e proporção dos isômeros {0,43% MS para (+) e 0,56% para (-) de MS}. No entanto, Chenoweth et al. (2000), observaram que o farelo de algodão não processado apresentou variação de 1,25% a 1,60% de GL, valores mais elevados do que aqueles encontrados no caroço de algodão.

O teor de Gp no algodão pode variar de acordo com alguns fatores como as condições ambientais nas quais o algodão é cultivado. Quanto maior a temperatura ambiente do local de cultivo, menor será o teor de Gp, e quanto maior o índice pluviométrico, maior o teor de Gp na planta. A variação também ocorre na dependência da espécie do algodoeiro, sendo a espécie *Gossypium hirsutum*, denominado comumente como Upland, possuidora de teores mais baixos do que a espécie *Gossypium barbarens*, denominado comumente como Pima (CRUZ, 2001).

A grande variação no teor de gossipol nos subprodutos do algodão indica que a recomendação de uso deve ser feita de forma criteriosa. No entanto, um dos fatores que interferem neste tipo de conduta, é a falta de métodos rápidos e práticos para a determinação do teor de gossipol, bem

como a escassez de laboratórios habilitados para esse tipo de análise no Brasil.

Nas plantas, o Gp atua na proteção contra pragas e insetos. Variedades totalmente sem gossipol têm sido desenvolvidas, no entanto, não são adotadas para cultivo industrial, devido a sua grande vulnerabilidade às pestes e um consequente aumento no custo de produção. Romano e Scheffler (2008) sugeriram uma estratégia de cruzamento entre variedades capaz de diminuir o teor de gossipol e manter uma concentração suficiente da toxina na parte vegetativa da planta, garantindo-lhe proteção contra fatores adversos ao seu desenvolvimento. Após sete gerações de seleção, estes autores identificaram plantas que mantiveram uma produção suficiente de gossipol nos pontos críticos de defesa da planta e apresentaram menos de 0,3% de gossipol total no caroço, representando uma forma eficiente de produzir o algodão e fornecer proteína e energia segura aos animais.

O processamento pode ocorrer interferir nos teores de GL, pois grande parte desse composto se liga às proteínas, reduzindo consideravelmente sua qualidade. A lisina parece ser o principal aminoácido que se liga ao GL, tornando-a indisponível ao animal (BARBOSA e GATTÁS, 2004).

Medidas como a extração através de solvente, cozimento, autoclavagem, peletização, assim como a adição de sais de ferro e cálcio, têm-se mostrado eficiente na redução do GL no farelo de algodão. O cozimento do farelo de algodão a 100°C durante 10 minutos em calor úmido reduz em 44% o nível de GL (JARQUIN et al., 1996). Zhang et al. (2007a) verificaram que o tratamento empregando o calor (130°C por 20 min) ocasionou uma redução nos níveis de GL. Portanto, o tratamento térmico seguido de extrusão dos subprodutos obtidos após a extração do óleo do caroço de algodão é potencialmente capaz de diminuir significativamente o teor de GL.

Nagalakshmi et al. (2003) concluíram que o cozimento e o tratamento com hidróxido de cálcio $[Ca(OH)_2]$ podem ser usados em subprodutos do algodão, visando a diminuição dos efeitos do gossipol nos animais. Estes mesmos autores, não recomendaram o tratamento utilizando ferro por sua ineficiência em diminuir os efeitos do gossipol. Esse resultado foi atribuído aos níveis muito altos deste elemento químico na dieta em relação ao seu requerimento.

A fermentação microbiana também é apontada como uma forma de reduzir o nível de GL no farelo de algodão. De acordo com Zhang et al. (2007b), o *Candida tropicalis* ZD-3 têm-se mostrado o microorganismo mais eficiente na redução do potencial de toxicidade do farelo de algodão. A suplementação do substrato com glicose ou sacarose, assim como o tratamento pelo calor beneficiariam a fermentação bacteriana e a consequente detoxificação de GL.

A intensidade do efeito tóxico do Gp varia de acordo com o nível de consumo, o período, a idade do animal e as condições de estresse desse animal (GAMBOA et al., 2001). O excesso de Gp na dieta pode trazer sérios problemas aos animais como: perda de apetite, depressão da atividade respiratória, anemia, edemas pulmonares, hipertrofia do fígado, necrose muscular cardíaca e problemas reprodutivos (BARBOSA e GATTÁS, 2004; SANTOS, 2005).

As recomendações de doses máximas de gossipol livre encontradas na literatura são bastante diversas. Arieli (1998) determinou que, para bovinos machos em crescimento, o fornecimento de até 200 mg/kg de GL foi seguro, 400 mg/kg de GL foi tóxico e com 800 mg/kg de GL, observaram a ocorrência de algumas mortes. Entretanto, Rogers et al. (2002) recomendaram níveis máximos de GL na dieta total de 200 ppm para pré-ruminantes, 900 ppm para bovinos em crescimento, 600 ppm para touros jovens em desenvolvimento, 900 ppm para touros adultos, e 1200 ppm para vacas adultas.

Em experimento alimentar utilizando cordeiros, Kandyli et al. (1998) empregaram uma dieta que fornecia cerca de 20 mg/kg de Peso Vivo (PV)/dia de GL, não encontrando sinais de intoxicação por gossipol, concluindo que, o caroço de algodão pode ser incorporado como uma fonte de energia e proteína até o nível de 30% da dieta de crescimento e terminação de cordeiros. Neste estudo, o grupo que recebeu a dieta com caroço de algodão apresentou maior ganho em peso, melhor conversão alimentar e maior rendimento de carcaça em relação ao grupo controle.

Em cordeiros machos que receberam cerca de 20 mg/kg PV/dia de GL durante 54 dias, foi observado acúmulo de GL (em maior quantidade) no fígado, nos rins e no coração (NIKOKYRIS et al., 1999), determinando uma marcante elevação da atividade da enzima lactato desidrogenase e um aumento na concentração de uréia plasmática, o que pode indicar uma possível intoxicação por gossipol, apesar de neste estudo, não serem observados sinais clínicos de intoxicação.

Fthenakis et al. (2004) relataram a ocorrência de uma alta prevalência de mastite (94% do rebanho) por *Staphylococcus*, em um rebanho ovino alimentado com 25% de farelo de algodão na dieta por um período de 2 anos, que foi relacionada como possível fator de favorecimento ao desenvolvimento da doença. Estes autores inferiram que, possivelmente, o Gp tenha um efeito depressor do sistema imunológico por inibir a enzima lipoxigenase. Aliada aos achados, a presença de Gp no leite de todo rebanho comprovou a absorção intestinal do Gp e o possível efeito sistêmico.

Andreazzi et al. (1998) não observaram gossipol no plasma de caprinos machos que receberam 30% de caroço de algodão na dieta (média de 13,45 mg de GL/kg PV/dia) durante 18 meses e concluíram que o Gp não foi absorvido, ou que a quantidade absorvida foi insignificante, possivelmen-

te pela característica do gossipol formar complexos com as proteínas presentes no rúmen e, conseqüentemente, não ser absorvido no intestino.

O acúmulo do gossipol na carne foi demonstrado por Kim et al. (1996), o que levaria a alterações nas características organolépticas e sensoriais do produto, além de um possível efeito tóxico nos consumidores. No entanto, estas alterações organolépticas e sensoriais também podem ser causadas pelo excesso de ácidos graxos insaturados que escapam à biohidrogenação ruminal, visto que, o caroço de algodão é rico nesse tipo de ácido graxo (MADRUGA et al., 2008). Torna-se necessário, portanto, estudos que avaliem melhor o perfil dos ácidos graxos e a quantidade de Gp na carne de animais que consomem este tipo de alimento.

EFEITOS REPRODUTIVOS DO GOSSIPOL

O Gp é amplamente conhecido como um agente antifertilidade masculina e é um potencial agente anticancerígeno (GIZEJEWSKI et al., 2008). Gossipol ou seus derivados, que induzem infertilidade através da supressão da espermatogênese, têm sido utilizados para contracepção masculina em humanos (COUTINHO, 2002; JENSEN, 2002), gerando questionamentos quanto à reversibilidade do processo.

Os efeitos reprodutivos do Gp em ruminantes provoca considerável controvérsia. As fêmeas são consideradas relativamente resistentes a estes efeitos (ROGERS et al., 2002). O fornecimento em longo prazo (431 dias) do caroço de algodão (15% da dieta total e 1.300 ppm de Gp total), começando aos 3 meses de idade, não apresentou efeitos deletérios detectáveis em novilhas no estabelecimento da puberdade ou na taxa de prenhez (COLIN-NEGRETE et al., 1996). No entanto, estes mesmos autores consideraram perigoso a utilização de 30% do caroço de algodão na dieta (2.000 mg/kg

de Gp), por provocar aumento substancial da fragilidade eritrocitária.

Efeitos negativos do Gp na reprodução do macho bovino têm sido bastante relatados (RANDEL et al., 1992). Aplasia da bainha mitocondrial é considerada patognômico de toxicidade espermática por gossipol (CHENOWETH et al., 2000), sendo encontradas outras lesões espermáticas, como: assimetria da bainha mitocondrial, fragilidade estrutural e ruptura do complexo do axonema, dentre outros.

O Gp exerce um efeito tóxico no epitélio espermatogênico, sendo que os efeitos pós-gonadal são secundários, possivelmente devido aos efeitos das patologias iniciais (OKO e HRUDKA, 1982; CHENOWETH et al., 1994). Portanto, suspeita-se que as anormalidades de peça intermediária induzidas pelo Gp aumentem a quantidade de patologias espermáticas totais, sugerindo que a fraqueza estrutural induzida durante a espermatogênese leve a alterações secundárias dos espermatozoides depois da saída dos testículos.

Os efeitos do Gp no macho bovino são dose e tempo dependentes. Arshami e Ruttle (1988) relataram túbulos seminíferos com lúmen largo, diminuição da espessura da parede e redução do número da camada de células do epitélio germinativo testicular em machos bovinos jovens, submetidos a uma dieta contendo 0,69% de GL durante 2 meses. Posteriormente, os mesmos animais foram alimentados por 2 meses com uma dieta livre de Gp e uma melhora nas características histológicas mencionadas anteriormente foi observada. Isto indica que os efeitos na fertilidade induzidos pelo Gp nos machos bovinos são reversíveis, pelo menos em parte (ARSHAMI e RUTTLE, 1988). O período usado para avaliar os efeitos positivos da dieta livre de Gp é de 6 a 8 semanas, que corresponde ao período necessário para produção de espermatozoides maduros a partir de células primordiais (ARSHAMI e RUTTLE, 1988).

Machos bovinos adultos (após puberdade) alimentados com farelo de algodão e caroço de algodão (contendo 3,2 e 32 g/dia de Gp, respectivamente) não demonstraram diferenças consistentes na circunferência escrotal, concentração espermática, motilidade e anormalidades morfológicas dos espermatozoides (sob microscopia de luz) comparados com animais alimentados com dieta sem Gp (CHASE et al., 1994). Em relatos anteriores, a qualidade e quantidade espermática de bois e carneiros adultos alimentados com dieta contendo Gp também se apresentaram normais (ARSHAMI e RUTTLE, 1989; JIMENEZ et al., 1989; STAHNKE, 1986).

Randel et al. (1992), afirmam que animais alimentados com dieta contendo Gp demonstraram ejaculados normais avaliados em microscopia óptica. No entanto, análises mais detalhadas encontraram danos na membrana celular dos espermatozoides, de efeito deletério na cauda espermática.

O gossipol parece causar maiores danos na função reprodutiva de machos ruminantes jovens próximos a puberdade em relação a machos maduros. Machos bovinos jovens foram alimentados do desmame até a puberdade (196 dias) com 3 dietas: caroço de algodão com 60mg/kg de GL (16g de GL/boi/dia); farelo de algodão com 6 mg/kg de GL (1,8g de GL/boi/dia) e farelo de soja não contendo Gp. O grupo que recebeu caroço de algodão apresentou menor ganho em peso e chegaram mais velhos a puberdade em comparação aos animais alimentados com farelo de algodão e de soja. A puberdade foi atingida apresentando pesos corporais e circunferência escrotal similares entre os grupos, indicando que o atraso na puberdade dos bois alimentados com caroço de algodão pode ter sido causado pelo menor desempenho e não ao efeito do Gp. Observou-se ainda que não houve reduções na qualidade e quantidade espermática em microscopia de luz (CHASE et al., 1994).

Machos bovinos com 20 meses de idade, alimentados com 8,2 g (3000 ppm) de GL/dia durante 11 semanas, demonstraram que a porcentagem de espermatozoides normais foi menor do que no grupo controle (CHENOWETH et al., 1994; RISCO, 1993). As anormalidades espermáticas detectadas, utilizando microscopia de contraste de fase, envolveram a peça intermediária, e consequentemente, uma menor motilidade espermática. A porcentagem de espermatozoides vivos no grupo que recebeu Gp não foi afetada, contrariando a redução significativa no número de espermatozoides morfológicamente normais. Isto indica que o gossipol tem efeitos deletérios em determinados componentes da estrutura espermática, particularmente peça intermediária, sem destruição da viabilidade da membrana espermática (CHENOWETH et al., 1994). No entanto, de acordo com Rogers et al. (2002), o real impacto destas anormalidades espermáticas na fertilidade do animal não está definida.

Cusack e Perry (1995) concluíram que a alimentação de machos bovinos adultos com caroço de algodão com até 19,8 g de GL/animal/dia não tem efeito na fertilidade. Isso sugeriu que a ligação do GL à lisina, cálcio, ferro, sódio e potássio presentes no rúmen pode resultar em efeitos variáveis nas análises da toxicidade do Gp.

Portilho et al. (2007) avaliaram o efeito de dieta contendo 14% de caroço de algodão (2,2 kg/animal/dia) fornecida durante 73 dias a touros, e observaram que a dieta contendo caroço de algodão interferiu na qualidade espermática, pois reduziu a motilidade, aumentou o percentual de defeitos maiores e os defeitos espermáticos totais, em relação aos animais com dieta isenta de gossipol. As células de Sertoli apresentaram membrana enrugada, acúmulo de lipídeos no citoplasma, mitocôndrias deformadas, algumas espermátides em apoptose, membrana nuclear alterada, complexo de Golgi vacuolizado e cromatina anormalmente localizada no pólo nuclear.

Gizejewski et al. (2008), ao trabalhar com veados alimentados com 350g de caroço de algodão/dia (15 mg de Gp/kg de PV/dia), durante 109 dias, encontraram alterações morfológicas, diminuição da motilidade espermática e anormalidades na espermatogênese. Os níveis dos hormônios esteróides (T-testosterona, A4-androstenediona e E2-Estradiol-17 β) no plasma seminal em animais tratados com caroço de algodão apresentaram níveis hormonais significativamente menores, resultando em menor qualidade seminal. No ano seguinte ao experimento, foi observada recuperação da qualidade espermática dos animais, demonstrando a reversibilidade do processo, e concluíram que a alimentação com Gp pode ser usada como uma forma eficiente de contracepção para veados machos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Brasil possui uma grande produção de algodão e, conseqüentemente, uma grande disponibilidade dos subprodutos da indústria têxtil, a baixo custo. Dessa forma, o uso destes subprodutos na nutrição animal, sobremaneira em ruminantes, deve ser considerado, por possuírem grande potencial na diminuição dos custos de produção. Os subprodutos do algodão oferecem uma alternativa segura para a alimentação de ruminantes, desde que sejam utilizados níveis recomendados, em decorrência da presença de gossipol, cujo excesso pode ocasionar problemas, como por exemplo, dificuldade em ganho de peso e alterações espermáticas. Entretanto, a grande variação no teor desta substância, indica que a recomendação de uso deve ser feita de forma criteriosa e baseada na análise do subproduto a ser utilizado. Para isso, torna-se necessário o desenvolvimento de métodos rápidos e práticos para a determinação do teor de gossipol, bem como a habilitação de laboratórios para esse tipo de análise no Brasil. A recomendação atual

é a de que o caroço de algodão pode ser incluído na dieta de ruminantes em até no máximo 15% (MS) da dieta total, em animais que apresentem rúmen funcional, e que, em machos jovens, este porcentual deve ser limitado a 10%.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDALLA, A.L.; SILVA FILHO, J.C.; GODOI, A.R. et al. Utilização de subprodutos da indústria de biodiesel na alimentação de ruminantes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 37, p. 260-268, 2008.
- ALVES, L.R.A.; BARROS, G.S.C.; BACCHI, M.R.P. Produção e exportação de algodão: efeitos de choques de oferta e de demanda. **Revista Brasileira de Economia**, Rio de Janeiro, v. 62, n. 4, p. 381-405, 2008.
- ANDREAZZI, M.A.; ALVAREZ, M.; MORAES, G.V. et al. Determinação de gossipol plasmático em caprinos, utilizando cromatografia líquida de alta pressão. **Arquivo de Ciências da Saúde da Unipar**, Maringá, v. 2, n. 3, p. 225-229, 1998.
- ARIELI, A. Whole cottonseed in dairy cattle feeding: a review. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 72, p. 97-110, 1998.
- ARSHAMI, J.; RUTTLE, J.L. Effects of diets containing cottonseed meal on semen quality and testicular tissue in fine-wool rams. **Proceedings of American Society of Animal Science**, New Mexico, v. 40, p. 277-279, 1989.
- ARSHAMI, J.; RUTTLE, J.L. Effects of diets containing gossypol on spermatogenic tissues of young bulls. **Theriogenology**, Amsterdam, v. 30, p. 507-516, 1988.
- BARBOSA, F.F.; GATTÁS, G. Farelo de algodão na alimentação de suínos e aves. **Revista Eletrônica Nutritime**, online, v. 1, n. 3, p. 147-156, 2004.
- BELLOWS, R.A.; GRINGS, E.E.; SIMMS, D.D. Effects of feeding supplemental fat during gestation to first-calf beef heifers. **The Professional Animal Scientist**, Fayetteville, v. 17, n. 2, p. 81-89, 2001.
- BERNARDES, E.B.; COELHO, S.G.; CARVALHO, A.U. et al. Efeito da substituição do feno de Tifton 85 pelo caroço de algodão como fonte de

- fibra na dieta de bezerras. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 59, n. 4, p. 955-964, 2007.
- BILBY, T.R.; BLOCK, J.; DO AMARAL, B.C. Effects of dietary unsaturated fatty acids on oocyte quality and follicular development in lactating dairy cows in summer. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 89, p. 3891-3903, 2006.
- CERRI, R.L.A.; JUCHEM, S.O.; CHEBEL, R.C. Effect of fat source differing in fatty acid profile on metabolic parameters, fertilization, and embryo quality in high-producing dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 92, p. 1520-1531, 2009.
- CHASE JR., C.C.; BASTIDAS, P.; RUTTLE, J.L. et al. Growth and reproductive development in bulls fed diets containing gossypol. **Journal of Animal Science**, Storrs, v. 72, p. 445-452, 1994.
- CHENOWETH, P.J.; CHASE JR., C.C.; RISCO, C.A. Characterization of gossypol-induced sperm abnormalities. **Theriogenology**, Amsterdam, v. 53, p. 1193-1203, 2000.
- CHENOWETH, P.J.; RISCO, C.A.; LARSEN, R.E. Effects of dietary gossypol on aspects of semen quality, sperm morphology and sperm production in young Brahman bulls. **Theriogenology**, Amsterdam, v. 42, p. 1-3, 1994.
- CHILDES, S.; LYNCH, C.O.; HENNESSY, A.A. Effect of dietary enrichment with either n-3 or n-6 fatty acids on systemic metabolite and hormone concentration and ovarian function in heifers. **Animal**, Cambridge, v. 2, p. 883-893, 2008b.
- CHILDS, S.; CARTER, F.; LYNCH, C.O. Embryo yield and quality following dietary supplementation of beef heifers with n-3 polyunsaturated fatty acids (PUFA). **Theriogenology**, Amsterdam, v. 70, p. 992-1003, 2008a.
- COLIN-NEGRETE, J.; KIESLING, H.E.; ROSS, T.T. Effect of whole cottonseed on serum constituents, fragility of erythrocyte cells, and reproduction of growing Holstein heifers. **Journal of Animal Science**, Storrs, v. 79, p. 2016-2023, 1996.
- COPPOCK, C.E.; WILKS, D.L. Supplemental fat in high-energy rations for lactating cows: effects on intake, digestion, milk yield and composition. **Journal of Animal Science**, Storrs, v. 69, n. 9, p. 3826-3837, 1991.
- CORTE, R.R.P.S. **Efeito do caroço de algodão no desempenho e características de carcaça e da carne de cordeiros cruzados**. Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo. Zootecnia, 2007. 79p.
- COUTINHO, E.M. Gossypol: a contraceptive for men. **Contraception**, Los Angeles, v. 65, p. 259-263, 2002.
- CRUZ, C.M.O.; GUERREIRO, C.I.P.D.; REIS, T.A.F.C. **Substâncias tóxicas ou anti-nutricionais dos alimentos para animais**. Monografia (conclusão de curso) - Universidade Técnica de Lisboa. 2001.
- CUSACK, P.M.V.; PERRY, V. The effect of feeding whole cottonseed on the fertility of bulls. **Australian Veterinarian Journal**, Queensland, v. 72, p. 463-466, 1995.
- EIFERT, E.C.; LANA, R.P.; LANNA, D.P.D. et al. Perfil de ácidos graxos do leite de vacas alimentadas com óleo de soja e monensina no início da lactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 35, n. 1, p. 219-228, 2006.
- FERNANDES, M.F.; QUEIROGA, R.C.R.E.; MEDEIROS, A.N. et al. Características físico-químicas e perfil lipídico do leite de cabras mestiças Moxotó alimentadas com dietas suplementadas com óleo de semente de algodão ou de girassol. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 37, n. 4, p. 703-710, 2008.
- FRENCH, P.; STANTON, C.; LAWLESS, F. Fatty acid composition, including conjugated linoleic acid, of intramuscular fat from steers offered grazed grass, grass silage, or concentrate-based diets. **Journal of Animal Science**, Storrs, v. 78, p. 2849-2855, 2000.
- FTHENAKIS, G.C.; LEONTIDES, L.; SKOUFOS, J. et al. Case report: high prevalence rate of ovine mastitis, caused by coagulase-negative staphylococci and predisposed by increased gossypol consumption. **Small Ruminant Research**, Amsterdam, v. 52, p. 185-189, 2004.
- GAMBOA, D.A.; CALHOUN, M.C.; KUHLMANN, S.W. et al. Use of expanded cottonseed meal in broiler diets formulated on a digestible amino acid basis. **Poultry Science**, Champaign, n. 80, p. 789-794, 2001.
- GIOIELLI, L.A. Óleos e gorduras vegetais: composição e tecnologia. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, Curitiba, v.5, n.2, p. 211-232, 1996.

- GIZEJEWSKI, Z.; SZAFRANSKA, B.; STEPLEWSKI, Z. et al. Cottonseed feeding delivers sufficient quantities of gossypol as a male deer contraceptive. **European Journal of Wildlife Research**, Berlin, v. 54, p. 469–477, 2008.
- HRON, R.J.; KUK, M.S.; ABRAHAM, G. Determination of Free and Total Gossypol by High Performance Liquid Chromatography. **Journal of American Oil Chemistry Society**, New York, v. 67, n. 3, 1990.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Levantamento sistemático da produção agrícola. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa_201008_7.shtm. Acesso em: 16 set. 2010.
- JARQUIN, R.; BRESSANI, R.; ELIAS, L.G. et al. Effect of cooking and calcium and iron supplementation on gossypol toxicity in swine. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Davis, n. 14, p. 275-279, 1966.
- JENSEN, J.T. Male contraception. **Current Womens Health Reports**, Portland, v. 2, p. 338–345, 2002.
- JIMENEZ, D.A.; CHANDLER, J.E.; ADKINSON, R.W. Effect of feeding gossypol in cottonseed meal on growth, semen quality and spermatogenesis of yearling Holstein bulls. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 72, p. 1866, 1989.
- KANDYLIS, K.; NIKOKYRIS, P.N.; DELIGIANIS, K. Performance of Growing.Fattening Lambs Fed Whole Cotton Seed. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Malden, v. 78, p. 281-289, 1998.
- KANDYLIS, K.; NIKOKYRIS, P.N.; DELIGIANIS, K. Performance of Growing.Fattening Lambs Fed diets containing different proportions of cotton seed meal. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Malden, v. 79, p. 1613-1319, 1999.
- KIM, H.L.; CALHOUN, M.C.; STIPANOVIC, R.D. Accumulation of Gossypol Enantiomers in Ovine Tissues. **Comparative Biochemistry and Physiology**, Ottawa, v. 113b, n. 2, p. 417-420, 1996.
- MADRUGA, M.S.; VIEIRA, T.R.L.; CUNHA, M.G.G. et al. Efeito de dietas com níveis crescentes de caroço de algodão integral sobre a composição química e o perfil de ácidos graxos da carne de cordeiros Santa Inês. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 37, n. 8, p. 1496-1502, 2008.
- MAIA, F.J.; BRANCO, A.F.; MOURO, G.F. Inclusão de fontes de óleo na dieta de cabras em lactação: produção, composição e perfil dos ácidos graxos do leite. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 35, n. 4, p. 1496-1503, 2006.
- McCAUGHEY, K.M.; DePETERS, E.J.; ROBINSON, P.H. et al. Impact of feeding whole Upland cottonseed, with or without cracked Pima cottonseed with increasing addition of iron sulfate, on productivity and plasma gossypol of lactating dairy cattle. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 122, p. 241–256, 2005.
- NAGALAKSHMI, D.; SASTRY, V.R.B.; PAWDE, A. Rumen fermentation patterns and nutrient digestion in lambs fed cottonseed meal supplemental diets. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 103, p. 1–14, 2003.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Nutrient requirements of small ruminants: sheep, goats, cervids, and New World camelids. Washington: National Academic Press, 2007. 362p.
- NIKOKYRIS, P.N.; KANDYLIS, K.; DELIGIANIS, K. Effects of varying levels of dietary free gossypol in whole cotton seed on physiological responses of growing-fattening lambs. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Malden, v. 79, p. 1969-1981, 1999.
- OKO, R.; HRUDKA, F. Segmental aplasia of the mitochondrial sheath and sequela induced by gossypol in rat spermatozoa. **Biology of Reproduction**, Madison, v. 26, p. 183-195, 1982.
- PIPEROVA, L.S.; TETER, B.B.; BRUCKENTAL, I. Mammary lipogenic enzyme activity, trans fatty acids and conjugated linoleic acids are altered in lactating dairy cows fed a milk fat depressing diet. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v. 130, p. 2568-2574, 2000.
- PORTILHO, F.K.B.C.; SANTOS, M.D.; SIMÕES, M.J. et al. Avaliação ultraestrutural de testículos e da qualidade espermática de touros da raça Nelore, submetidos à dieta contendo gossypol. **Biológico**, São Paulo, v. 69, n. 2, p. 113-198, 2007.
- RAES, K.; DE SMET, S.; DEMEYER, D. Effect of dietary fatty acids on incorporation of long chain polyunsaturated fatty acids and conjugated

- linoleic acid in Lamb, beef and pork meat: a review. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 113, p. 199-221, 2004.
- RANDEL, R.D.; CHASE, C.C.; WYSE, S.J. Effects of gossypol and cottonseed products on reproduction of mammals. **Journal of Animal Science**, Storrs, v. 70, p. 1628-1638, 1992.
- RISCO, C.A.P.J.; CHENOWETH, R.E.; LARSEN, J. The effect of gossypol in cottonseed meal on performance and on hematological and semen traits in postpubertal Brahman bulls. **Theriogenology**, Amsterdam, v. 40, p. 629-642, 1993.
- ROBINSON, P.H.; GETACHEW, G.; De PETERS, E.J. et al. Influence of variety and storage for up to 22 days on nutrient composition and gossypol level of Pima cottonseed (*Gossypium* spp.). **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 91, p. 149-156, 2001.
- ROBINSON, R.S.; PUSHPAKUMARA, P.G.A.; CHENG, Z. Effects of dietary polyunsaturated fatty acids on ovarian and uterine function in lactating dairy cows. *Reproduction*, Southampton, v. 124, p. 119-131, 2002.
- ROGÉRIO, M.C.P.; BORGES, I.; SANTIAGO, G.S. et al. Uso do caroço de algodão na alimentação de ruminantes. **Arquivo de Ciência Veterinária e Zoologia Unipar**, Maringá, v. 6, n. 1, p. 85-90, 2003.
- ROGÉRIO, M.C.P.; BORGES, I.; TEIXEIRA, D.A.B. et al. Efeito do nível de caroço de algodão sobre a digestibilidade da fibra dietética do feno de Tifton 85 (*Cynodon* spp.) em ovinos. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 56, n. 5, p. 665-670, 2004.
- ROGERS, G.M.; POORE, M.H.; PASCHAL, J.C. Feeding cotton products to cattle. **Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice**, Philadelphia, v. 18, p. 267-294, 2002.
- ROMANO, G.B.; SCHEFFLER, J.A. Lowering seed gossypol content in glanded cotton (*Gossypium hirsutum* L.) lines. **Plant Breeding**, Berlin, v. 127, p. 619-624, 2008.
- SAMPAIO, A.A.M.; BRITO, R.M.; CARVALHO, R.M. Comparação de sistemas de avaliação de dietas para bovinos no modelo de produção intensiva de carne. Confinamento de tourinhos jovens. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 31, n. 1, p. 157-163, 2002.
- SANTOS, F.L.; SILVA, M.T.C.; LANA, R.P. et al. Efeito da suplementação de Lipídios na Ração sobre a produção de ácido linoléico conjugado (CLA) e a Composição da Gordura do Leite de Vacas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 30, n. 6, p. 1931-1938, 2001.
- SANTOS, I.C.S.; WANDERLEY JÚNIOR, J.S.A.; SANTOS, F.N. et al. Beneficiamento de algodão orgânico no agreste paraibano. In: Congresso Brasileiro do Algodão, 7., 2009, Foz do Iguaçu. Sustentabilidade da cotonicultura Brasileira e Expansão dos Mercados: **Anais...** Campina grande: Embrapa Algodão, 2009. p. 50-55.
- SANTOS, J.E.P. Efeitos da nutrição e do manejo periparto na eficiência reprodutiva de vacas de leite. In: **Anais...** VIII curso de novos enfoques na produção e reprodução de bovinos. Uberlândia, p. 29-44, 2005.
- SANTOS, R.F.; KOURI, J. O Brasil no mercado mundial do algodão. In: Congresso Brasileiro do Algodão, 6., 2007, Uberlândia. **Anais...** Campina grande: Embrapa Algodão, 2007.
- SARTORI, R.; GUARDIEIRO, M.M. Fatores nutricionais associados à reprodução da fêmea bovina. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 39, p. 422-432, 2010.
- STAHNKE, C.R. **Effects of gossypol on scrotal circumference and semen quality of crossbred bulls**. Dissertação (Mestrado) - New Mexico State University, 1986.
- TALIPOV, S.A.; MAMADRAKHIMOV, A.A.; TILJAKOV, Z.G. et al. The Crystal and Molecular Structure of Dianhydrogossypol. **Journal of the American Oil Chemistry Society**, New York, v. 86, p. 207-213, 2009.
- TAUBES, G. The soft science of dietary fat. **Science**, Washington, v. 251, p. 2536-2541, 2001.
- TILYABAEV, K.Z.; TALIPPOV, S.A.; IBRAGIMOV, B.T. et al. Crystal structures of the solvates of di-ethylaminogossypol with ethyl acetate and pyridine. **Journal of Chemical Crystallography**, London, v. 39, p. 677-682, 2009.
- VALADARES FILHO, S.C.; PAULINO, P.V.R.; MAGALHÃES, K.A. **Exigências nutricionais de zebuínos e tabelas de composição de**

alimentos BR-corte. 1ª. ed., Editora Suprema, Viçosa: UFV, DZO, 2006. 142p.

WANG, X.; PLHAK, L.C. Production, characterization and application of anti-gossypol polyclonal antibodies. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Davis, v. 48, p. 5109-5116, 2000.

WANG, X.; PLHAK, L.C. Monoclonal Antibodies for the Analysis of Gossypol in Cottonseed Products. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Davis, v. 52, p. 709-712, 2004.

WILLARD, S.T.; NEUENDORFF, D.A.; LEWIS, A.W. et al. Effects of free gossypol in the diet

of pregnant and postpartum Brahman cows on development and cow performance. **Journal of Animal Science**, Texas, v. 73, p. 496-507, 1995.

ZHANG, W.; XU, Z.; PAN, X. et al. Advances in gossypol toxicity and processing effects of whole cottonseed in dairy cows feeding. **Livestock Science**, Amsterdam, v. 111, p. 1-9, 2007a.

ZHANG, W.; XU, Z.; ZHAO, S. et al. Development of a microbial fermentation process for detoxification of gossypol in cottonseed meal. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 135, p. 176-186, 2007b.