

REVISÃO DE LITERATURA

PRODUÇÃO E
REPRODUÇÃO ANIMAL

REVISTA INVESTIGAÇÃO

medicina veterinária

EFEITO DA INGESTÃO DE LIPÍDEOS SOBRE A REPRODUÇÃO DE PEQUENOS RUMINANTES: REVISÃO DE LITERATURA

Fat intake effects on small ruminant reproduction: A Review

MV. Msc. Ricardo P. Nociti^{1*}; MVZ. Msc. Yury T. G. Salcedo²; MV. Msc. Dr. Marcus A. R. Feliciano¹; MV. Msc. Dr. Wilter R. R. Vicente¹; Z. Msc. Dr. Vera F.M.H. de Lima¹; MV. Msc. Dr. Maria E. F. Oliveira¹.

¹Departamento de Medicina Veterinária Preventiva e Reprodução Animal – Univ. Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Jaboticabal – SP- Brasil.

²Departamento de Zootecnia – Univ. Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Jaboticabal – SP- Brasil.

*Autor para correspondência: Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane s/n CEP: 14884-900, Jaboticabal - SP.
E-mail: rnociti@gmail.com

RESUMO

A nutrição está intimamente ligada à reprodução animal, exercendo efeito direto sobre a fertilidade animal devido a ações sobre as condições fisiológicas do organismo. A densidade energética da dieta é um dos principais fatores envolvidos com a fertilidade; a deficiência energética pode diminuir o desempenho reprodutivo, assim como o excesso de energia que diminui a concentração plasmática de progesterona, o número de embriões viáveis, a qualidade e a quantidade espermática ou até mesmo retardar o desenvolvimento embrionário. A densidade energética da dieta é controlada pela quantidade de gordura, porém a fonte de gordura é tão importante quanto, uma vez que a composição de ácidos graxos tem papel crucial na determinação do efeito na reprodução tendo função chave na modulação do desenvolvimento folicular, espermático, na secreção de prostaglandinas e na esteroidogênese. As gorduras ruminalmente protegidas passam inertes sobre os processos de degradação ruminal de nutrientes servindo como ferramenta para o aumento da eficiência reprodutiva de espécies ruminantes, suprimindo as necessidades energéticas não atendidas pelo restante da dieta e influenciando positivamente a condição corporal do animal, a taxa de fertilidade e a produção (carne e leite). A maioria de tais estudos é focado apenas no desempenho produtivo do animal, com isso, a presente revisão tem o objetivo de discutir sobre a utilização de lipídeos na dieta de ovinos e caprinos e seus efeitos sobre a reprodução.

Palavras-chave: Ácidos graxos, Energia, pequenos ruminantes, nutrição, reprodução animal.

ABSTRACT

Nutrition is closely linked to animal reproduction, directly effecting animal fertility due to actions on the organism physiological conditions. The energy density of the diet is a major factor involved with fertility. This deficiency can decrease reproductive performance, as excess energy can decrease the plasma concentration of progesterone, number of viable embryos, sperm quality and quantity or even slow embryonic development. The energy density is controlled by the amount of fat, but the fat source is just as important since the composition of dietary fatty acids plays a crucial role in determining the effects on reproduction. They play a key role in modulating follicular and spermatid development, in the secretion of prostaglandins and steroidogenesis. Protected fats become inert on the degradation processes of nutrients serving as a tool for increasing the reproductive efficiency of ruminant species, supplying the energy needs not achieved by others dietary ingredients and positively influencing the body condition of the animal, the fertility rate and production (meat and milk). Therefore, the present review aims to discuss the use of lipids in the diet of sheep and goats and their effects on the reproduction of these animals, given that most studies have focused on animal production and performance only.

Keywords: fatty acids, energy, small ruminants, nutrition, animal reproduction.

INTRODUÇÃO

A nutrição influencia diretamente a fertilidade dos animais, ao interferir nas concentrações circulantes de hormônios e fornecer os nutrientes necessários para os processos de desenvolvimento de oócitos e espermatozoides, ovulação, fertilização, estabelecimento da prenhez e sobrevivência do embrião (PIRES et al., 2011).

Os pequenos ruminantes apresentam ciclos reprodutivos mais rápidos em relação às outras espécies de ruminantes domésticos. Desta forma, o manejo nutricional inadequado repercute em efeitos negativos diretos e expressivos na reprodução destes animais. Promovendo atraso no início da puberdade, longos períodos de anestro, baixa taxa de ovulação e queda da fertilidade dos animais, com consequente baixo desempenho reprodutivo das matrizes e marcante comprometimento da qualidade espermática dos machos (VALASI et al., 2012).

Os efeitos do manejo nutricional sobre a reprodução dos ruminantes são especialmente focados no uso da energia como variável. A densidade energética da dieta é um dos principais fatores envolvidos no crescimento folicular, ovulação e desenvolvimento embrionário (RIGOLON et al., 2009). O consumo insuficiente de energia está relacionado com redução no crescimento animal, aumento na idade da puberdade, baixo desempenho reprodutivo, baixa produção de progesterona e baixa taxa de concepção (PIRES et al., 2011). A suplementação com compostos energéticos é conduzida para se elevar os índices produtivos e acelerar o ciclo de produção dos animais.

Os lipídeos são considerados fontes energéticas com alta concentração de energia prontamente disponível, pois são

constituídos de grande proporção de ácidos graxos (AG), os quais possuem 2,25 vezes mais energia que os carboidratos. A possibilidade de aumentar o valor energético da dieta e contribuir positivamente em algumas funções orgânicas, tem impulsionado à inclusão de lipídeos nas dietas como estratégia de suplementação em ruminantes (BASSI et al., 2012).

Apesar dos vários benefícios que podem ser alcançados com a inclusão de AG e o aumento energético da dieta, há efeitos tóxicos sobre os microrganismos do rúmen que podem prejudicar a fermentação ruminal (PALMQUIST et al., 2005), como reduções na digestibilidade de fibra (MANSO et al., 2009), no consumo de nutrientes (SILVA et al., 2007) e portanto, no desempenho reprodutivo. Nesse contexto, esta revisão tem o objetivo de discutir sobre a utilização de lipídeos na dieta de ovinos e caprinos e seus efeitos sobre a reprodução destas espécies, pois a grande maioria do material científico produzido é destinado a outras espécies, principalmente a bovina

Lipídeos e a dieta de pequenos ruminantes

Grande parte da dieta dos pequenos ruminantes é composta por celulose. Esses nutrientes são transformados em AG de cadeia curta (AGCC) por ação dos microrganismos ruminais. O ácido acético, propiônico e butírico são os AGCC resultantes da degradação ruminal predominantes e são responsáveis pela maior fonte de energia para pequenos ruminantes (até 75% da energia requerida) (BERGMAN, 1990). A proporção de AGCC é influenciada pela composição da dieta. Quando os níveis de amido e carboidratos solúveis aumentam em relação aos níveis de celulose nos alimentos, a relação acetato: propionato produzida no rúmen tende diminuir (GONÇALVES et al., 2001).

Estes produtos da fermentação proporcionam ao animal diferentes quantidades de nutrientes metabolizáveis, sendo o propionato um nutriente glicogênico e o acetato, lipogênico (HALL, 2007).

A dieta natural dos ruminantes apresenta reduzidos teores de lipídeos com valores de 1 a 5% da matéria seca e estes estão presentes principalmente na forma de ésteres de glicerol (BUCCIONI, 2012). O conteúdo de lipídeos das forragens e de vários grãos possui altas proporções de AG poli-insaturados (do inglês, Polyunsaturated Fatty Acid; PUFA), em particular os ácidos linolênico C18:1 e linoleico C18:2. Estes são AG essenciais na dieta, porque não podem ser sintetizados pelos animais e seres humanos (VAN SOEST, 1994). Estes são componentes essenciais das membranas celulares e a proporção de diferentes AG insaturados nos tecidos do trato reprodutivo é um reflexo do consumo da dieta (WATHES et al., 2007). Quando os lipídeos estão acessíveis à microflora do rúmen sofrem um processo de lipólise, liberando AG e o glicerol. O glicerol é fermentado, principalmente a ácido propiônico e a ácido acético (HOBSON e MANN, 1961); já os AG são biohidrogenados ou neutralizados na forma de sabões de cálcio. Os AG sofrem na maioria das vezes o processo de biohidrogenação no rúmen, resultando na produção de ácido esteárico (18:0) e também uma grande variedade de isômeros de PUFAS, especialmente trans e AG conjugados (PALMQUIST et al., 2005).

O excesso de gordura em pequenos ruminantes (acima de 7% de estrato etéreo na dieta) pode reduzir a digestão ruminal da fibra, desse modo, as quantidades e as proporções de AGCC produzidos no rúmen podem ser negativamente alteradas, especialmente a relação acetato: propionato (SILVA

et al., 2007), promovendo a diminuição das concentrações de insulina e estimulando a mobilização de gordura corporal (PIRES et al., 2011). Essas respostas, no entanto, não devem ser generalizadas, pois estão intimamente relacionadas à forma de inclusão dos lipídeos nas dietas, ao grau de sua insaturação e ao comprimento da cadeia.

Com o intuito de se contornar a biohidrogenação dos AGs e aumentar a quantidade de gordura da dieta, evitando os efeitos sobre a digestão das fibras, pode-se lançar mão das gorduras ruminalmente protegidas, como os sais de cálcio de AGs e sementes de oleaginosas inteiras ou parcialmente quebradas que passam inertes sobre os processos de degradação ruminal de nutrientes (PALMQUIST et al., 2005). A utilização de AGs essenciais, na forma de sais de cálcio, podem suprir as necessidades energéticas não atendidas pelo restante da dieta, influenciando positivamente a condição corporal do animal, a fertilidade e a produção (GRESSLER e SOUZA, 2009)

Efeitos da energia da dieta sobre os hormônios da reprodução

A suplementação da dieta de ruminantes com óleos de plantas ricas em ácidos linolênico e linoleico causam incremento da gliconeogênese pelo aumento da produção de propionato no rúmen (GRESSLER e SOUZA, 2009). O propionato é um potente estimulador da secreção de insulina (BROCKMAN, 2005), que nas fêmeas modula o crescimento folicular, a maturação oocitária e o desenvolvimento embrionário. A influência sobre a atividade ovariana ocorre por meio da ação da insulina na liberação de GnRH e consequentemente a secreção de FSH, LH e progesterona (KRASNOW e STEINER, 2006). Ademais, existe efeito direto da insulina sobre a secreção de leptina (ZIEBA et al., 2003); um

hormônio proteico produzido nos adipócitos, que apresenta como principal função informar ao sistema nervoso central sobre a quantidade de adipócitos corporais ou a disponibilidade de metabólitos, como a glicose e os AG (SCHNEIDER, 2004, SAGAWA et al., 2002), diminuindo a ingestão de matéria seca e convergindo o metabolismo para o balanço energético negativo (ZIEBA et al., 2008). A leptina está relacionado diretamente com maiores pulsos de GnRH e LH (BRANN et al., 2002) e também pode modular diretamente a função ovariana, por meio de receptores com alta afinidade para esta proteína nas células da granulosa e da teca (RYAN et al., 2003).

O IGF-1 (Fator de crescimento semelhante a insulina – 1) é influenciado pelo estado nutricional do animal (PIRES et al., 2011). Indivíduos em balanço energético negativo apresentam concentrações plasmáticas mais baixas de IGF-1 em relação àqueles em balanço energético positivo. Concentrações mais altas de IGF-1 no plasma estão relacionadas com efeitos positivos sobre o desenvolvimento folicular, funcionamento do corpo lúteo, produção de estrógeno e progesterona e ainda taxas mais altas de ovulação (ZULU et al., 2002). A insulina e o IGF-I estimulam a proliferação in vitro das células da granulosa (SPICER e ECHTERNKAMP, 1995) e são os sinais metabólicos para o retorno da atividade ovariana pós-parto (KAWASHIMA et al., 2007). Em machos, o IGF-I é importante para o desenvolvimento de células germinativas, maturação e motilidade dos espermatozoides (BAKER et al., 2006).

Influência no desempenho reprodutivo de cabras e ovelhas

Em virtude dos inúmeros efeitos já mencionados da nutrição, em especial da energia (lipídeos), sobre a reprodução,

o aumento da densidade energética da dieta é indicado. Esta suplementação tem sido recomendada em diferentes momentos antes da estação de monta, durante a estação, durante a gestação, no pré e pós-parto.

Aumentar a energia em 500 Kcal/Kg MS da ração de ovelhas 21 dias antes do início da estação de monta e por 42 dias durante a estação de monta aumenta a porcentagem de animais prenhes e o número de animais nascidos (HAFEZ et al., 2011). Um aumento súbito da energia nutricional dos animais durante cinco dias, no início da sincronização de estro de ovelhas, é capaz de aumentar as taxas de ovulação e o tamanho dos folículos pré-ovulatórios (LETELIER et al., 2008). De acordo Zabuli et al. (2010) e Senosy et al. (2013), também se observa aumento da taxa de ovulação e no número de folículos recrutados em cabras suplementadas entre os dias 18 e 21 após a ovulação.

A suplementação nutricional com sais de cálcio de AG de cadeia longa está correlacionada a altas concentrações de colesterol, interferindo na função luteal como um precursor da síntese de progesterona pelas células luteais ovarianas (STAPLES et al., 1998) e base de produção para testosterona e estrógeno (HAFEZ e HAFEZ, 2007). A adição de 3%, com base na matéria seca, em ovelhas aumenta o número e o tamanho de folículos pré-ovulatórios e a taxa de ovulação (EL-SHAHAT e ABO-EL MAATY, 2010), aumentam o número de oócitos com melhor qualidade e a integridade de membrana dos oócitos pós-congelamento (ZERON et al., 2002). A alimentação de 800g/dia com 5,82 % de extrato etéreo utilizando óleo de peixe e silagem de peixe como fontes de gordura 15 dias antes da inseminação artificial por laparoscopia pode atrasar o início do estro e aumentar a prolificidade (NIETO et al., 2015).

O excesso de energia, 2,3 vezes a necessidade de manutenção, diminui a concentração plasmática de progesterona, o número de embriões viáveis e retarda o desenvolvimento embrionário in vivo (MCEVOY et al., 1995), o aumento da energia, em duas vezes, diminui a taxa de clivagem e a produção de blastocistos in vitro (PAPADOPOULOS et al., 2001).

Influência no desempenho reprodutivo dos bodes e carneiros

Carneiros possuem a ingestão de matéria seca sob influência do fotoperíodo, maior no outono e menor no inverno. As concentrações séricas de testosterona e o diâmetro testicular também acompanham essas mudanças sazonais e são positivamente afetadas pela condição nutricional. A suplementação nutricional pode melhorar tanto quantitativamente quanto qualitativamente a produção e a fertilidade seminal (GHORBANKHANI et al., 2015).

Os lipídeos são componente importante do plasma seminal e dos espermatozoides, em todas as espécies domésticas. O sêmen contém altos níveis de PUFA principalmente na forma de ácido docosaenoico (DHA) (BRINSKO et al., 2005), os quais estão envolvidos no metabolismo energético espermático e na fertilização (ZANIBONI et al., 2006). Dietas ricas em ALA podem melhorar a qualidade espermática e a habilidade de fertilização (GULLIVER et al., 2012). Carneiros magros submetidos a rápida mudança energética (duas vezes a energia de manutenção) durante sete dias, apresentam pulsos aumentados de LH em relação a animais com escore de condição corporal normal (ZHANG et al., 2005). Quando alimentados com dietas atendendo de 100% a 120% da demanda energética apresentam maior integridade de membrana espermática funcional, potencial de membrana mitocondrial espermática, número de espermatozoides ligantes

a oócitos e concentrações plasmáticas de IGF-1 do que animais arraçoados com 80% da energia de manutenção (SELVARAJU et al., 2012).

A suplementação com 2,5% de inclusão de óleo de peixe durante 14 semanas altera a proporção de lipídeos no esperma e aumenta a motilidade espermática, motilidade progressiva e a concentração (JAFAROGHLIA et al., 2014). A inclusão de 3% de óleo de peixe na dieta de carneiros na época de reprodução aumenta os teores de DHA no sêmen, a concentração e motilidade espermática (SAMADIAN et al., 2010). A suplementação alimentar de cordeiros por quatro semanas com 2,5% de inclusão de óleo de peixe aumentam a concentração de testosterona total e livre, a motilidade, viabilidade, concentração de espermatozoides, a produção total de esperma e da concentração de DHA nos fosfolipídeos da membrana espermática diminuindo os danos na criopreservação (ESMAEILI et al., 2014).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O entendimento da influência da nutrição sobre a reprodução de pequenos ruminantes é essencial para a obtenção de índices favoráveis ao sistema produtivo e como critério para seleção de estratégias para se atingir esses índices. A utilização de gorduras na dieta fornecida aos animais é muito interessante sobre os aspectos quantitativo e qualitativo. Ao mesmo tempo em que se aumenta a energia, pode-se melhorar o desempenho reprodutivo, no entanto a fonte de gordura adotada deve ser muito bem estudada pois influenciará diretamente o resultado, tanto de forma benéfica quanto prejudicial.

REFERÊNCIAS

Baker J, Hardy MP, et al. 1996. Effects of an IGF-I gene null mutation on mouse reproduction. *Mol Endocrinology*. 10:903–16.

Bassi MC, Ladeira MM, et al. 2012. Grão de oleaginosas na alimentação de novilhos zebuínos: consumo, digestibilidade e desempenho. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 41:353-359.

Bergman EN. 1990. Energy contributions of volatile fatty acids from the gastrointestinal tract in various species. *Physiology Review*, Philadelphia. 10(2):567-589.

Brann DW, Wade MF, et al. 2002. Leptin and Reproduction. *Steroids*, 67:95-104.

Brinsko SP, Varner DD, et al. 2005. Effect of feeding a DHA-enriched nutraceutical on the quality of fresh, cooled and frozen stallion semen *Theriogenology*. 63:1519–1527.

Brockman RP. 2005. Glucose and short-chain fatty acid metabolism. In: Dijkstra J, Forbes JM, France J. *Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism*. 2.ed. CABI Publishing: Cambridge. pp 291-310.

Buccioni A, Decandia M. et al. 2012. Lipid metabolism in the rumen: New insights on lipolysis and biohydrogenation with an emphasis on the role of endogenous plant factors. *Animal Feed Science and Technology*. 174:1– 25.

El-Shahat KH, Abo-El Maaty AM. 2010. The effect of dietary supplementation with calcium salts of long chain fatty acids and/or L-carnitine on ovarian activity of Rahmani ewes. *Animal Reproduction Science*. 117:78–82.

Esmaeili V, Shahverdi AH, et al. 2014. Saturated, omega-6 and omega-3 dietary fatty acid effects on the characteristics of fresh, frozen-thawed semen and blood parameters in rams. *Andrologia*. 46:42–49.

Ghorbankhani F, Sour I, Mini MM. 2015. Effect of nutritional state on semen characteristics, testicular size and serum testosterone concentration in Sanjabi ram lambs during the natural breeding. *Animal Reproduction Science*. 153:22–28.

Gonçalves AL, Lana RP, et al. 2001. Padrão nictemeral do pH ruminal e comportamento alimentar de cabras leiteiras alimentadas com dietas contendo diferentes relações volumoso: concentrado. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa. 30(6): 1886-1892.

Gressler MAL, Souza MIL. 2009. Efeitos da suplementação com gordura protegida sobre a foliculogênese ovariana de ruminantes. *Veterinária e Zootecnia*. 3(2):70-79.

Gulliver CE, Friend MA, et al. 2012. The role of omega-3 polyunsaturated fatty acids in reproduction of sheep and cattle. *Animal Reproduction Science*. 131:9– 22.

Hafez ESE, Hafez B. 2007. *Reprodução Animal* 7ª Ed, São Paulo: Manole, p.513.

Hafez YH, Khalifa El, et al. 2011. Effect of energy flushing pre-mating and during mating season on production and reproduction performance of Zaraibi goats. *Egyptian Journal of Sheep & Goat Sciences*. 6(1):7- 14.

Hall MB. 2007. Methodological challenges in carbohydrate analyses. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 36(suplemento especial): 359-367.

Hobson N, Mann SO.1961. The isolation of glycerol-fermenting and lipolytic bacteria from the rumen of the sheep. *Journal of General Microbiology*. 25:227-240.

Jafaroghli M, Abdi-Benemarb H, et al. 2014. Effects of dietary n–3 fatty acids and vitamin C on semen characteristics, lipid composition of sperm and blood metabolites in fat-tailed Moghani rams. *Animal Reproduction Science*. 147(1–2):17–24.

Kawashima C, Fukihara S, Maeda M. 2007. Relationship between metabolic hormones and ovulation of dominant follicle during the first follicular wave post-partum in high-producing dairy cows. *Reproduction*. 133:155-163.

Krasnow SM, Steiner RA. 2006. *Physiological Mechanisms Integrating Metabolism and Reproduction*. In: Neill JD. Physiology of Reproduction. 2006. 3. ed. Elsevier: Saint Louis, pp.2553-2625.

Letelier C, Mallo F, et al. 2008. Glucogenic supply increases ovulation rate by modifying follicle recruitment and subsequent development of pre ovulatory follicles without effects on ghrel in secretion. *Reproduction*. 136:65–72.

Manso T, Bodas R, et al. 2009. Animal performance and fatty acid composition of lambs fed with different vegetable oils. *Meat Science*. 83:511–516.

Mcevoy TG, Robinson JJ, et al. 1995. Dietary-induced suppression of pre-ovulatory progesterone concentrations in superovulated ewes impairs the subsequent in vivo and in vitro development of their ova. *Animal Reproduction Science*. 39:89-10.

Nieto R, Sánchez-Torres MT, et al. 2015. Effect of fish meal and oil on hormone profile and reproductive variables in ewes inseminated by laparoscopy. *Livestock Science*.178:357–362.

Palmquist DL, Lock AL, et al. 2005. Biosynthesis of conjugated linoleic acid in ruminants and humans. *Advances in Food and Nutrition Research*. 50:179–217.

Papadopoulos S, Lonergan P, et al. 2001. Effect Of Diet Quantity And Urea Supplementation On Oocyte And Embryo Quality In Sheep. *Theriogenology*. 55:1059-1069.

Rigolon LP, Prado IN, et al. 2009. Effect of the dry matter intake level on the sanguine profile of glucose, insulin, urea, estrogen and progesterone and concentration of IGF-I in the follicular liquid of crossbred heifers. *Brazilian Archives of Biologyand Technology*. 52(1):61-68.

Ryan NK, Van Der Hoek KH, et al. 2003. Leptin and leptin receptor expression in the rat ovary. *Endocrinology*. 144(11):5006-5013.

Sagawa N, Yura S, et al. 2002. Role of leptin in Pregnancy-A Review. *Trophoblast Research*. 16:80-86.

Samadian S, Towhidi A, et al. 2010. Effects of dietary n–3 fatty acids on characteristics and lipid composition of ovine sperm. *Animal*. 4:2017–2022.

Schneider JE. 2004. Energy balance and reproduction. *Physiology & Behavior*. 81:289-317.

Selvaraju S, Sivasubramani T, et al. 2012. Effect of dietary energy on seminal plasma insulin-like growth factor-I (IGF-I), serum IGF-I and testosterone levels, semen quality and fertility in adult rams. *Theriogenology*. 78:646–655.

Senosy W, Abdel-Raheem SHM, et al. 2012. Effect of transient high-energy diets just after ovulation on ovarian performance and metabolic status in cyclic ewes. *Small Ruminant Research*. 109(1-2): 152-155.

Silva MMC, Rodrigues MT, et al. 2007. Efeito da suplementação de lipídeos sobre a digestibilidade e os parâmetros da fermentação ruminal em cabras leiteiras. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 36(1):246-256.

Spicer LJ, Echternkamp SE. 1995. The ovarian insulin and insulin-like growth factor system with an emphasis on domestic animals. *Domestic Animal Endocrinology*. 12(3):223-45.

Staples CR, Burke JM, Thatcher WW. 1998. Influence of supplemental fat on reproductive tissues and performance of lactating cows. *Journal of Dairy Science*. 81:856–871.

Valasi I, Chadio S, et al. 2012. Management of pre-pubertal small ruminants: Physiological basis and clinical approach. *Animal Reproduction Science*. 130(3-4):126-34.

Van Soest PJ. 1994. *Nutritional Ecology of the ruminant*. Ithaca, NY: Cornell University Press, p.476.

Wathes DC, Abayasekara DRE, Aitken RJ. 2007. Polyunsaturated fatty acids in male and female reproduction. *Biology of Reproduction*. 77:190-201.

Zabuli J, Tanaka T, et al. 2010. Intermittent nutritional stimulus by short-term treatment of high-energy diet promotes ovarian performance together with increases in blood levels of glucose and insulin in cycling goats. *Animal Reproduction Science*. 12:288–293.

Zaniboni L, Rizzi R, Cerolini S. 2006. Combined effect of DHA and α -tocopherol enrichment on sperm quality and fertility in the turkey. *Theriogenology*. 65:1813–1827.

Zeron Y, Sklan D, Arav A. 2002. Effect of polyunsaturated fatty acid supplementation on biophysical parameters and chilling sensitivity of ewe oocytes. *Molecular Reproduction and Development*. 61:271–278.

Zhang S, Blache D, Blackberry MA, et al. Martin GB. 2005. Body reserves affect the reproductive endocrine responses to an acute change in nutrition in mature male sheep. *Animal Reproduction Science*, v. 88, p. 257–269.

Zieba DA, Amstalden M, Maciel MNL. 2003. Divergent effects of leptin on luteinizing hormone and insulin secretion are dose dependent. *Experimental Biology and Medicine*. 228:325-330.

Zieba DA, Szczesna M, et al. 2008. Leptin as a nutritional signal regulating appetite and reproductive processes in seasonally breeding ruminants. *Journal of Physiology and Pharmacology*. 59:7-18.

Zulu VC, Nakao T, Sawamukai Y. 2002. Insulin-like Growth Factor-I as a Possible Hormonal Mediator of Nutritional Regulation of Reproduction in Cattle. *Journal of Veterinary Medicine Science*. 64(8): 657-665.