



UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA – UFBA
ESCOLA DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

SEMENTE DE LINHAÇA MARROM NA ALIMENTAÇÃO DE CABRAS

PATRÍCIA ALVES DUTRA

SALVADOR – BAHIA

JULHO - 2015

PATRÍCIA ALVES DUTRA

SEMENTE DE LINHAÇA MARROM NA ALIMENTAÇÃO DE CABRAS

Tese apresentada ao Programa de pós graduação
em Zootecnia, da Universidade Federal da Bahia
como requisito parcial para obtenção do título de
Doutor em Zootecnia.

Área de Concentração: Produção Animal

Orientador: Prof. Dr. Luís Fernando Batista Pinto

Coorientadora: Prof^a. Dr^a. Larissa Pires Barbosa

SALVADOR – BAHIA

JULHO – 2015

Sistema de Bibliotecas da UFBA

D978 Dutra, Patricia Alves.

Semente de linhaça marrom na alimentação de cabras / Patricia Alves Dutra. - 2015.
87 f.: il.

Orientador: Prof. Dr. Luís Fernando Batista Pinto.

Co-orientador(a): Prof^ª. Dr^ª. Larissa Pires Barbosa

Tese (doutorado) - Universidade Federal da Bahia, Escola de Medicina Veterinária e Zootecnia, Salvador, 2015.

1. Caprino – Alimento e rações. 2. Nutrição animal - Experiência. 3. Cabra – Reprodução - Avaliação. I. Pinto, Luís Fernando Batista. II. Barbosa, Larissa Pires. III. Universidade Federal da Bahia. Escola de Medicina Veterinária e Zootecnia. IV. Título.

CDD -
CDU - 636.39

SEMENTE DE LINHAÇA NA ALIMENTAÇÃO DE CABRAS

Patrícia Alves Dutra

Tese defendida e aprovada para obtenção do grau de Doutor em Zootecnia

Salvador, 29 de julho de 2015

Comissão examinadora:



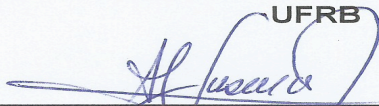
Dr. Luís Fernando Batista Pinto
UFBA
Orientador / Presidente



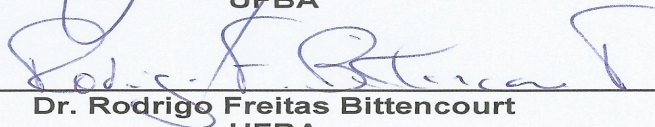
Dr. Ronaldo Lopes Oliveira
.-*/UFBA



Dra. Larissa Pires Barbosa
UFRB



Dr. Alberto Lopes Gusmão
UFBA



Dr. Rodrigo Freitas Bittencourt
UFBA

Aprendi que o segredo para fazer escolhas certas é fazendo escolhas erradas... Aprendi, que estar perdida é imprescindível para se encontrar... Aprendi que experiências amargas são como escadas para evolução... Aprendi, que só por meio de muito trabalho, dedicação, amor e gratidão, para triunfar. Ainda não sou o que quero ser, mas tenho certeza que hoje sou outra pessoa.

Este trabalho é dedicado ao povo brasileiro que trabalha e que luta para ir além, em especial, ao povo de Jacinto, Minas Gerais, que se orgulha de mim, como filha do vale.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus orientadores, Prof. Dr. Luís Fernando Batista Pinto e Prof^a. Dr^a. Larissa Pires Barbosa, pela confiança e ajuda na execução e elaboração desta tese.

A minha família, que mesmo sem entender o que eu faço em sua simplicidade, me apoia. Minha mãe Jirdalia Damascena Dutra, sempre emanando energia positiva e me fortalecendo com suas orações diárias. Ao meu irmão Thiago Alves Dutra pelo amor e amizade.

A Bianor Matias Cardoso Neto, por ser acima de tudo um amigo verdadeiro e por ter me emprestado suas cabras Boer puras.

Aos amigos de pós-graduação Geraldo Magalhães Melo Filho e Flemming Sena Campos, por estar sempre por perto me acalmando e rindo do meu desespero.

Ao amigo Victor Guimarães Oliveira Lima, pelos finais de semana de estudos desvendando o mundo da nutrição e me fazendo sorrir.

A Nildo Menezes, por ser um amigo que posso contar e principalmente, por ter me apresentado o senhor Bertoldo Menezes Junior (Bertoldinho), que foi o melhor presente que poderia ter ganhado de Deus, uma pessoa boa de coração, que me acolheu com a generosidade de um pai.

À amiga Priscila Maia, pela valiosa ajuda nas pesagens das amostras, por sempre me contagiar com sua alegria.

Às amigas Ana Lúcia Santana (Aninha) e Ana Patrícia David, pelas incansáveis noites de estudos e paciência para comigo.

A Carlos Adriano Santos Souza (Pool), um amigo que vem me apoiando há 16 anos, com carinho, pela transmissão das palavras certas de confiança e força, por achar que sou até mais do que realmente sou, não importando em que lugar do planeta eu esteja.

A Messias Dias pela dedicação diária ao nosso experimento, sem você seria muito difícil.

Aos estagiários e amigos que compareceram a fazenda Experimental São Gonçalo dos Campos durante o período experimental.

Aos professores e alunos da pós-graduação em Zootecnia pelos ensinamentos e pela convivência.

Ao grupo de pesquisa do Dr. Divakar Ambrose, Dairy Reproduction/University of Alberta, por ter me recebido de braços abertos durante o meu estágio de doutorado sanduíche.

Ao amigo Gobikrushanth Mohanathas, um anjo que entendeu meu inglês desde o primeiro dia que cheguei ao Canadá, por se preocupar em me manter feliz, sempre.

Agradeço a Deus, por ter colocado estas pessoas em minha vida.

Muito Obrigada!

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

PATRÍCIA ALVES DUTRA- filha de Gilvanio Alves de Sousa e Jirdalia Damascena Dutra Sousa, nasceu em 02 de agosto de 1983, na cidade de Rubim, estado de Minas Gerais. Graduiu-se em Medicina Veterinária pela Universidade Federal da Bahia (UFBA), em 25 de fevereiro de 2010. Foi bolsista de iniciação científica na área de Reprodução Animal sob a orientação da Prof^a. Dr^a Larissa Pires Barbosa, de 2007 a 2009. Obteve o título de *Magister Scientiae* em Ciência Animal, na área de Reprodução Animal, pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), em Julho de 2011, sob a orientação da Prof^a. Dr^a. Larissa Pires Barbosa. Em agosto de 2011, ingressou no Doutorado do Programa de pós-graduação em Zootecnia, na área de Produção Animal, pela Universidade Federal da Bahia, sob a orientação do Prof. Dr. Luís Fernando Batista Pinto. Em agosto de 2014, iniciou o doutorado sanduíche no Canadá pela University of Alberta, sob a orientação do Prof. Dr. Divakar Ambrose. Defendendo a tese em 29 de julho de 2015.

LISTA DE FIGURAS

Página

Semente de linhaça marrom na alimentação de cabras

Figura 1.	Planta de linhaça e sementes dourada e marron.....	19
2.	Relação entre os ácidos graxos das famílias n-6 e n-3 e a síntese de prostaglandinas, com as vias de dessaturação e alongação.....	23

Capítulo 01

Semente de linhaça marrom melhora a produção de embriões em cabras Boer

Figura 1.	Cronograma do período experimental, ao longo dos 72 dias de fornecimento da semente de linhaça na dieta.....	46
2.	Esquema do protocolo de superovulação.....	50
3.	Efeito linear das dietas sobre o consumo de extrato etéreo.....	53
4.	Efeito linear das dietas sobre o consumo de carboidratos não fibrosos.....	53

Capítulo 02

Semente de linhaça marrom altera o consumo de nutrientes e a bioquímica sanguínea de cabras

Figura 1.	Efeito linear das dietas sobre o consumo de matéria seca.....	73
2.	Efeito linear das dietas sobre o consumo de matéria orgânica.....	74

3. Efeito linear das dietas sobre o consumo de proteína bruta.....	74
4. Efeito linear das dietas sobre o consumo de fibra em detergente neutro.....	75
5. Efeito linear das dietas sobre o consumo de extrato etéreo.....	76
6. Efeito linear das dietas sobre o consumo de carboidratos não fibrosos.....	76
7. Efeito dos níveis de semente de linhaça marrom na dieta sobre a concentração plasmática de triglicerídeos.....	78
8. Efeito dos níveis de semente de linhaça marrom na dieta sobre o colesterol total.....	78
9. Efeito dos níveis de semente de linhaça marrom na dieta sobre o HDL.....	79
10. Efeito dos níveis de semente de linhaça marrom na dieta sobre o VLDL....	79
11. Efeito dos níveis de semente de linhaça na dieta sobre o LDL.....	80

LISTA DE TABELAS

Página

Semente de linhaça marrom na alimentação de cabras

Tabela 1.	Composição bromatológica da semente de linhaça marrom.....	20
2.	Composição química da semente de linhaça marrom.....	20

Capítulo 01

Semente de linhaça marrom melhora a produção de embriões em cabras Boer

Tabela 1.	Composição bromatológica dos ingredientes utilizados nas dietas experimentais.....	47
2.	Proporção dos ingredientes e composição bromatológica das dietas experimentais.....	49
3.	Médias de consumo diário de nutrientes em gramas (g) por cabras Boer submetidas a dietas com semente de linhaça marrom.....	52
4.	Proporção e percentual de embriões viáveis e degenerados de cabras Boer suplementadas com níveis de semente de linhaça na dieta.....	54
5.	Qualidade embrionária de cabras Boer suplementadas com níveis de semente de linhaça marrom na dieta.....	56
6.	Estádio de desenvolvimento de embriões de cabras Boer suplementadas	

com níveis de semente de linhaça marrom na dieta.....	57
---	----

Capítulo 02

Semente de linhaça marrom altera o consumo de nutrientes e a bioquímica sanguínea de cabras Alpinas

Tabela 1. Composição bromatológica dos ingredientes utilizados nas dietas experimentais.....	68
2. Proporção dos ingredientes e composição bromatológica do concentrado experimental.....	69
3. Médias de consumo diário de nutrientes em gramas (g) por cabras Alpinas submetidas a dietas com níveis de semente de linhaça marrom.....	72
4. Médias de peso inicial e final e ganho de peso diário (g/dia) de cabras Alpinas suplementadas com níveis de semente de linhaça na dieta.....	77
5. Médias das concentrações plasmáticas de creatinina e ureia de cabras Alpinas suplementadas com níveis de semente de linhaça na dieta.....	81

SUMÁRIO

Página

Semente de linhaça marrom na alimentação de cabras

Resumo.....	14
Abstract.....	15
1.0 Introdução geral.....	16
2.0 Revisão de literatura geral.....	18
2.1 Linhaça (<i>Linum usitatissimum</i> L.).....	18
2.2 Lipídios e reprodução animal.....	22
2.3 Lipídios e metabólitos sanguíneos.....	27
3.0 Referências bibliográficas.....	29

Capítulo 01

Semente de linhaça marrom melhora a produção de embriões em cabras Boer

Resumo.....	43
Abstract.....	44
Introdução.....	45
Material e Métodos.....	45
Resultados e Discussão.....	51
Conclusões.....	58
Referências Bibliográficas.....	58

Capítulo 02

Semente de linhaça marrom altera o consumo de nutrientes e a bioquímica sanguínea de cabras Alpinas

Resumo.....	64
Abstract.....	65
Introdução.....	66
Material e Métodos.....	67
Resultados e Discussão.....	71
Conclusões.....	82
Referências Bibliográficas.....	82

Semente de linhaça marrom na alimentação de cabras

RESUMO

Objetivou-se avaliar a influencia da semente de linhaça na alimentação de cabras. Experimento 1: Determinar o consumo voluntário de nutrientes e a produção, qualidade e estágio de desenvolvimento de embriões de cabras Boer. Experimento 2: Determinar o consumo de nutrientes, peso corporal, bioquímica sanguínea de cabras Alpinas. Para o experimento 1, 24 fêmeas da raça Boer foram distribuídas aleatoriamente em quatro grupos com 0, 4, 8 e 12% de inclusão de semente de linhaça na dieta total. Não houve efeito das dietas ($P>0,05$) sobre o consumo de matéria seca, mas houve efeito linear crescente ($P<0,001$) para consumo de extrato etéreo e decrescente para o consumo de carboidratos não fibrosos ($P<0,05$). Houve efeito das dietas ($P<0,05$) sobre o número total de embriões coletados, viáveis, estruturas degeneradas, qualidade morfológica dos embriões viáveis e para o estágio de desenvolvimento. Este estudo indica que a inclusão de semente de linhaça na dieta de cabras Boer aumenta o consumo de extrato etéreo, com consequente aumento da ingestão de ácidos graxos poli-insaturados o que levou os tratamentos com 4% e 8% de semente de linhaça a terem maior número de estruturas viáveis, com menores índices de embriões degenerados. Enquanto, para o experimento 2, um total 21 cabras Alpinas foram distribuídas aleatoriamente em quatro grupos, sendo estes, com 0, 5, 10, e 15% de inclusão de semente de linhaça marrom na dieta total. O consumo de matéria seca apresentou comportamento linear decrescente ($P<0,001$), com redução de 53,49% no consumo deste componente entre os tratamentos controle e com 15% de inclusão de semente de linhaça. Porém, não houve efeito ($P>0,05$) sobre o ganho de peso diário. O consumo de carboidratos não fibrosos foi reduzido linearmente ($P<0,001$) em virtude do aumento do extrato etéreo. A concentração plasmática do lipidograma apresentou comportamento linear crescente ($P<0,05$). Pode-se incluir até 15% de semente de linhaça na dieta de cabras Alpinas por atender a demanda energética e por aumentar o consumo de extrato etéreo, porém com diminuição do consumo de matéria seca, sem alterar o ganho de peso.

Palavras-Chave: alimentação, caprino, embrião, lipidograma, nutrição, reprodução

Brown flaxseed in feeding goats

Abstract

The general objective of this thesis was to evaluate the influence of flaxseed on the performance of Boer goats. The objective of Experiment 1 was to determine the voluntary intake of nutrients and the production, quality and stage of embryonic development in Boer goats fed diet supplemented with levels of flaxseed. Experiment 2 was to determine the nutrient intake, body weight and blood biochemistry of Alpine goats fed diet contains levels of flaxseed. In Experiment 1, 24 female Boer goats were randomly assigned to one of four groups with 0, 4, 8 or 12% of flaxseed included in the diet. Results from Experiment 1 showed that there was no effect of diets ($P>0.05$) on dry matter intake. However, there was an linear increment ($P<0.001$) for the intake of fat and linear declined on the consumption of non-fiber carbohydrates ($P<0.05$). Moreover, there were dietary effects ($P<0.05$) on the total number of collected embryos, viable embryos and degenerate embryos as well as for the morphological quality of viable embryos and for the developmental stages of embryos. This study indicates that the inclusion of 4 or 8% of flaxseed in diets of Boer goats diet increases the number of viable embryos with incidence of lower degenerated embryos. In the experiment 2, a total of 21 Alpine goats were randomly assigned to one of the four dietary groups with 0, 5, 10 or 15% of brown flaxseed included in the diet. The dry matter intake decreased linearly ($P<0.001$) and the difference in declined was 53.49% between control and the group that had 15% of flaxseed included in the diet. However, there was no dietary effect ($P>0.05$) on the daily weight gain. The consumption of non-fiber carbohydrates was reduced linearly ($P<0.001$). The plasma concentration of lipid profile showed an increasing linear behavior ($P<0.05$). It is apparent that inclusion of flaxseed upto 15% in the diet of Alpine goats could meet the energy demand through increase consumption of fat, regardless of decreased dry matter intake without having an effect on average daily gain.

Keywords: feeding, embryo, goat, lipid profile, nutrition, reproduction

1.0 INTRODUÇÃO GERAL

A suplementação nutricional, incluindo proteínas, ácidos graxos, vitaminas e minerais, tem sido utilizada para tentar melhorar os índices reprodutivos, especialmente a resposta superovulatória de doadoras de embriões (VELAZQUEZ, 2011). A nutrição tem um impacto sobre a fertilidade de ruminantes, mas pouco se sabe sobre os efeitos do estado nutricional e da função de nutrientes específicos sobre os aspectos básicos da resposta superovulatória e da qualidade embrionária. No entanto, a manipulação nutricional pode alterar o metabolismo endócrino e o meio em que os oócitos e embriões são submetidos (SANTOS et al, 2008).

A suplementação lipídica pode melhorar potencialmente a fertilidade. Este fato está associado ao desenvolvimento folicular pós-parto, ao aumento do diâmetro do folículo ovulatório, ao aumento das concentrações de progesterona durante a fase luteal do ciclo. Tudo isso pode alterar o ambiente uterino e o embrião, além de modular a síntese de prostaglandinas, o que pode melhorar a qualidade do oócito e a qualidade embrionária e estes efeitos são influenciados pelo tipo de ácidos graxos fornecidos (RAHBAR et al, 2014). No entanto, os mecanismos exatos desses efeitos permanecem pouco esclarecidos.

Neste contexto, foram realizados vários estudos com suplementação de ácidos graxos poli-insaturados n-3 e n-6, sendo que o ácido linoléico (C18:2 n-6) é convertido em ácido araquidônico (C20:4 n-6), o precursor das prostaglandinas $F_2\alpha$. Por outro lado, o ácido α -linolênico (C18:3 n-3) é convertido em ácido eicosapentaenóico (C20:5 n-3) precursor das prostaglandinas $F_3\alpha$ (WATHES et al, 2007; MATTOS et al, 2000; STAPLES et al, 1998). Portanto, por meio da dieta pode-se manipular a síntese das prostaglandinas de acordo com as proporções de ácidos graxos presentes na mesma. Assim, a semente de linhaça marrom é uma alternativa para ser utilizada na nutrição de ruminantes por ser a fonte vegetal que possui maior concentração de ácido α -linolênico. Um ácido graxo poli-insaturado representando aproximadamente 55% do total de ácidos graxos desta semente (AMBROSE et al, 2006).

Além disso, a semente de linhaça vem sendo utilizada como um alimento terapêutico para o tratamento da hiperlipedemia e recentemente ganhou o reconhecimento

como alimento nutracêutico. Contudo, o mecanismo predominante pelo qual a linhaça influencia o perfil lipídico ainda é desconhecido (WONG et al, 2013), além de apresentar resultados variáveis nas diversas pesquisas usando humanos ou modelos animais.

Nesta tese os efeitos de níveis crescentes de semente de linhaça na dieta de cabras Boer doadoras de embriões são investigados para avaliar possíveis alterações no consumo de nutrientes, na qualidade, na quantidade e no desenvolvimento dos embriões recuperados. E avaliar em cabras Alpinas suplementadas com níveis crescentes de semente de linhaça a pasto, quanto ao consumo de nutrientes, ganho de peso e bioquímica sanguínea.

2. REVISÃO DE LITERATURA GERAL

2.1. Linhaça (*Linum usitatissimum* L.)

A linhaça pertence à família *Linaceae* originária da Europa e da Ásia (CASA et al, 1999). É um vegetal de crescimento anual e atinge uma altura de até 60cm, com hastes delgadas e muito fibrosas, folhas lanceoladas com até 4cm de comprimento e largura, suas flores são de coloração azul, vermelha, ou branca com até 3cm de diâmetro. O fruto consiste de uma cápsula globosa, da qual saem sementes brilhantes e planas (PRADHAN et al, 2010).

A produção de semente de linhaça é de cerca de 2.300.000 a 2.500.000 toneladas por ano, os maiores produtores do mundo são em primeiro lugar o Canadá seguido por EUA, Índia e China (LIMA, 2007). O Canadá produz cerca de 40% de semente de linhaça do mundo e é o maior exportador com 75% do comércio mundial (OOMAH et al, 1999). Enquanto no Brasil, ela é cultivada principalmente no Rio Grande do Sul, que apresenta uma produção anual aproximada de 21 toneladas (ALMEIDA et al, 2009).

A linhaça apresenta duas variedades, a marrom e a dourada (Figura 1). A cor das sementes é determinada pela quantidade de pigmentos presentes, recurso que pode ser alterado por práticas de reprodução da planta (MORRIS, 2007), sendo praticamente idênticas em seu conteúdo de nutrientes (CANADIAN GRAIN COMMISSION, 2001). A composição química e perfil de ácidos graxos da linhaça estão intimamente ligados ao desenvolvimento da planta (PEIRETTI e MEINERI, 2008), a variedade e as condições ambientais em que a planta é cultivada (OOMAH et al, 2006).

Figura 1. Planta de linhaça e sementes dourada e marrom



Fonte: Arquivo pessoal

A semente de linhaça é pobre em ácidos graxos saturados, possuindo apenas 9%. O nível de monoinsaturados também é modesto, em torno de 18%, mas apresenta ótimo perfil de ácidos graxos poli-insaturados, em média de 73%, entretanto é pobre em carboidratos, sendo cerca de 1% (MORRIS, 2007). A semente de linhaça é a fonte vegetal que possui maior concentração de ácido α -linolênico, que é um ácido graxo poli-insaturado apresentando aproximadamente 55% do total de ácidos graxos desta semente (AMBROSE et al, 2006), além de lignanas (MILDER et al, 2005) e fibras solúveis. Essa composição confere a linhaça o status de um alimento com propriedades funcionais denominado de nutracêutico.

A composição bromatológica (Tabela 1) da semente de linhaça relatada por diferentes grupos de pesquisa mostra variedades nos dados, o que é esperado por se tratar de diferentes tipos de solos, idade de corte, clima e armazenamento (MORRIS, 2007; OOMAH et al, 2006).

Tabela 1 - Composição bromatológica da semente de linhaça

Semente de Linhaça (MS)					
MS ¹	PB ²	FDN ³	CZ ⁴	EE ⁵	Fonte:
-	25,00	34,00	-	31,00	Petit. (2002)
93,52	23,09	48,39	3,45	40,40	Wada et al. (2008)
94,88	22,99	23,99	3,20	40,70	Soncin et al. (2009)
94,60	24,53	42,30	3,75	28,30	Albuquerque et al. (2012)

¹ Matéria seca, ² Proteína bruta, ³ Fibra em detergente neutro, ⁴ Cinzas, ⁵ Extrato etéreo

Para o conhecimento da composição química da semente de linhaça (Tabela 2) com análises provenientes de dois laboratórios diferentes.

Tabela 2 - Composição química da semente de linhaça por 100 gramas de parte comestível: centesimal, minerais

Item	Semente de Linhaça Nepa Unicamp, (2011)	Semente de Linhaça USDA, (2014)
Umidade (g)	6,7	7,0
Cinzas (g)	3,7	3,7
Proteína (g)	14,1	18,3
Lipídio (g)	32,3	42,2
Fibra alimentar (g)	33,5	27,3
Carboidratos (g)	43,3	28,9
Cálcio (mg)	211,0	225,0
Fósforo (mg)	615,0	642,0
Ferro (mg)	4,7	5,7
Magnésio (mg)	347,0	392,0
Potássio (mg)	869,0	813,0
Sódio (mg)	9,0	30,0

Fonte: Nepa Unicamp e USDA

Os teores de matéria seca, proteína bruta e cinzas estão próximos para todas as análises, enquanto a fibra em detergente neutro e o extrato etéreo apresentaram variabilidade entre as diferentes fontes (Tabela 1). Comparativamente com os alimentos da (Tabela 2) a semente de linhaça é um alimento rico em proteína bruta, fibra em detergente

neutro, cálcio e fósforo. Portanto, a semente de linhaça pode ser considerada um alimento energético, protéico, rico em fibra, sais minerais.

A proteína da linhaça é relativamente rica em arginina, ácido aspártico, e ácido glutâmico, tem como aminoácidos limitantes lisina, metionina, e cisteína (CHUNG et al, 2005). A linhaça contém pequenas quantidades de vitaminas lipossolúveis A, D, E, K e hidrossolúveis, como niacina e ácido fólico e minerais, como potássio e fósforo (MORRIS e VAISEY-GENSER, 2003). O teor de proteína da semente de linhaça se destaca não somente pela quantidade, mas principalmente pela qualidade, pois é rica e equilibrada em três aminoácidos (aminoácidos de cadeia ramificada: valina, leucina e isoleucina). Além disso, seu alto teor de lipídeos confere um maior rendimento de energia (SONCIN et al, 2009).

Vários benefícios estão associados ao consumo habitual de linhaça, dentre os quais, diminuição dos níveis de glicose (CUNNANE et al, 1993; MARQUES et al, 2011), diminuição da aterosclerose (PRASAD et al, 1998; CARRARA et al, 2009), redução das áreas inflamadas na pele de cavalos (NEILL et al, 2002), aumento da porcentagem de gordura e proteína no leite de vacas (CAVALIERI et al, 2005), diminui as concentrações de colesterol no sangue (VIJAIMOHAN et al, 2006; MELO et al, 2008; PAN et al, 2009; DELEPRANE et al, 2010; MARQUES et al, 2011), efeito cardioprotetor (DELEPRANE et al, 2010) e efeito antiartrítico (KAITHWAS e MAJUMDAR, 2010).

Além disso, a semente de linhaça tem amenizado o desconforto térmico de vacas leiteiras (CAROPRESE et al, 2009) e ovelhas (CAROPRESE et al, 2012) por reforçar a resposta humoral, assim a linhaça pode ser utilizada como estratégia nutricional para melhorar o bem-estar animal. Chen et al. (2006) sugerem a linhaça como uma terapia alternativa, adjuvante para o câncer de mama por inibir metástase do tumor, enquanto Pinheiro Jr et al. (2007) indicam terapia oral com óleo de linhaça, para reduzir a inflamação da superfície ocular.

A linhaça apresenta atividade antioxidante, sendo os ácidos fenólicos capazes de prevenir os efeitos deletérios da oxidação pela inibição da lipoperoxidação e sequestro de radicais livres (GALVÃO et al, 2008; ANWAR e PRZYBYLSKI, 2012; SCHOGOR et al,

2013). Sabe-se que os tocoferóis possuem uma atividade antioxidante, portanto sua presença na semente de linhaça, especialmente o gama-tocoferol, determinada por Oomah et al. (1995) reforça a atividade antioxidante desta semente. Estudos recentes revelaram a importância das lignanas para nutrição animal. Petit, (2009) destaca as lignanas presentes na semente de linhaça como potentes antioxidantes.

2.2- Lipídios e reprodução animal

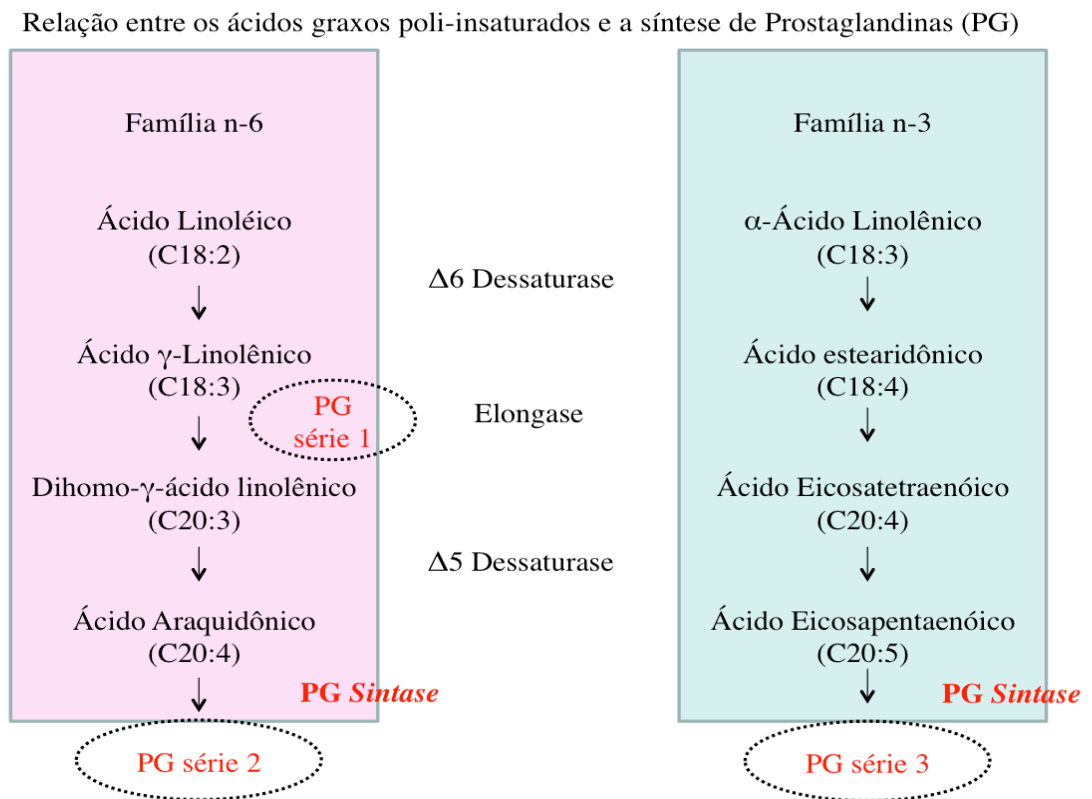
A suplementação com lipídeos tem sido utilizada para aumentar a densidade energética da dieta de ruminantes. Além de fornecer incremento energético, os lipídeos possuem efeitos positivos na reprodução pela ação dos ácidos graxos presentes em sua composição (RAHBAR et al, 2014; FUNSTON, 2004).

Os ácidos graxos poli-insaturados podem alterar parâmetros reprodutivos tais como: número e tamanho de folículos, taxa de ovulação, produção de progesterona e tempo de luteólise (WHATHES et al, 2007). A secreção de hormônio luteinizante pela pituitária e o crescimento folicular em bovino é regulado parcialmente pelo estado de energia do animal. O aumento de lipídeos na dieta estimula o crescimento do folículo pré-ovulatório, sendo justificado também pelo aumento de hormônio luteinizante, que estimula a última fase do crescimento folicular. A ovulação de folículos maiores resulta em corpos lúteos maiores e com maior capacidade esteroidogênica, resultando em maior produção de progesterona, o que está associado a maiores taxas de concepção (MATTOS et al., 2000).

Para aumentar potencialmente a sobrevivência embrionária, foi testado óleo de peixe que é rico em ácidos eicosapentaenoico e docosaheptaenoico. Pois, estes ácidos podem influenciar a síntese e secreção das prostaglandinas por meio do deslocamento do ácido araquidônico que é o precursor da prostaglandina $F_{2\alpha}$ e ou por competição pelas enzimas necessárias para a biossíntese de prostaglandina $F_{2\alpha}$ pelas células endometriais bovinas. Podendo diminuir a regressão luteal precoce e consequentemente, aumenta a taxa de sobrevivência embrionária (MATTOS et al, 2003; CHENG et al, 2013). No entanto, pode-se ter os mesmos resultados com a suplementação de ácidos graxos poli-insaturados n-3 e n-6. O ácido linoléico é convertido em ácido araquidônico, o precursor da

prostaglandina $F_2\alpha$. Por outro lado, ácido α -linolênico é convertido em eicosapentaenóico precursor das prostaglandinas $F_3\alpha$ (Figura 2).

Figura 2 - Relação entre os ácidos graxos das famílias n-6 e n-3 e a síntese de prostaglandinas, com as vias de dessaturação e alongação.



Fonte: Adaptado da revisão de Mattos et al. (2000) e Petit et al. (2002).

Vacas leiteiras suplementadas com sais de cálcio enriquecido com óleo de peixe apresentaram mais receptores de progesterona no epitélio glandular superficial do endométrio, o que pode ser benéfico para a preparação do útero e manutenção da prenhez (BILBY et al, 2006a). Bilby et al. (2006b) dando prosseguimento aos seus estudos, comprovaram que os ácidos graxos da dieta são capazes de alterar a composição do endométrio por substituição parcial do ácido araquidônico pelo ácido eicosapentaenóico e

ácido docosahexaenóico, o que pode diminuir a secreção pulsátil luteolítica de prostaglandina $F_{2\alpha}$.

Coyne et al. (2008) estudaram amostras de tecidos do endométrio para analisar expressão gênica e encontraram resultados que indicam que a expressão de genes-chave que regulam a biossíntese de prostaglandina no útero são regulados em resposta aos ácidos graxos poli-insaturados da suplementação dietética. Estes dados fornecem uma base biológica para o aumento da sobrevivência embrionária por meio da suplementação.

Childs et al. (2008b) usaram aproximadamente 2% de óleo de peixe na matéria seca da dieta de novilhas de corte, observaram uma redução do número de embriões degenerados. As razões para este fato podem ser muitas, incluído a melhoria na qualidade de oócitos, transporte espermático, além da mudança do ambiente uterino. Aumentou o ácido eicosapentaenoico e diminuiu o ácido araquidônico na composição do plasma e no fluido uterino, sugerindo a síntese e secreção de prostaglandinas da série 3.

A suplementação com óleo de peixe na dieta de novilhas mestiças reprodutivamente normais, aumentou o diâmetro do corpo lúteo no sétimo dia após o estro, levando ao aumento de progesterona. Além disso, houve um aumento sistêmico de fator de crescimento semelhantes à insulina graças à ingestão de ácidos graxos poli-insaturados (n-3), o que pode melhorar a fertilidade (CHILDS et al, 2008a).

Coyral-Castel et al. (2010) apontaram que os ácidos graxos insaturados como, ácido oléico (C18:1 n9), ácido linoléico e ácido α -linolênico aumentaram a secreção de progesterona, sem afetar a proliferação celular e viabilidade das células da granulosa de cabras primíparas, consequentemente, afetando a fertilidade.

Cerri et al. (2009) testaram duas dietas com 2% de ácidos graxos na matéria seca para vacas leiteiras sendo, sais de cálcio de óleo de palma em comparação a ácido linoléico com trans-octadecanóico (C18:1 trans). A fertilização dos oócitos aumentou para as vacas que se alimentaram com a segunda dieta e obtiveram também melhores proporções de embriões graus I e II, além de apresentar maior número de blastômeros.

Os principais componentes das membranas celulares são os fosfolipídeos, colesterol, outros lipídeos e proteínas. Exceto para as proteínas, estes componentes podem

ser mudados, tanto na nutrição dos animais quanto na composição dos meios de cultura. Assim, células com membranas mais fluidas têm menos danos do que as mais rígidas (SEIDEL JR, 2006). Os ácidos graxos insaturados são componentes essenciais de todas as membranas celulares e a proporção de diferentes ácidos graxos insaturados nos tecidos do trato reprodutivo reflete o consumo na dieta (WATHES et al, 2007).

A competência do oócito e do embrião está relacionada com a composição de ácidos graxos na membrana celular, especificamente o conteúdo de fosfolípidos, pois desempenha uma função vital no desenvolvimento durante e após a fertilização. A quantidade de lípidos em oócitos de ruminantes é de aproximadamente 50% de triacilgliceróis, 20% de fosfolípidos, 20% de colesterol e 10% de ácidos graxos livres (McEVOY et al, 2000).

O lípido parece ser uma fonte de energia para os oócitos e embriões, os triglicerídeos apresentam-se como o principal componente de lípido intracelular de oócitos imaturos e podem ser metabolizados durante a maturação, na fertilização e na primeira clivagem embrionária em bovinos (GENICOT et al, 2005; PRATES et al, 2014).

A semente de linhaça é uma fonte vegetal de ácidos graxos poli-insaturados que vem sendo utilizada para melhorar os índices reprodutivos, principalmente de vacas leiteiras (PETIT, 2002; AMBROSE et al, 2006; THANGAVELU et al, 2007; PETIT et al, 2008; PETIT, 2009; PONTER et al, 2012), e para melhorar a congelabilidade de sêmen (SCHMID-LAUSIGK e AURICH, 2014).

Ponter et al. (2006) estudaram suplementação de vacas leiteiras com 2 kg/dia de linhaça extrusada e observaram um aumento no número de pequenos folículos comparado com a dieta controle. Devido ao aporte de energia promovido pelos ácidos graxos houve um consequente aumento dos níveis de insulina.

Ambrose et al. (2006) estudaram a influência da suplementação de vacas leiteiras com 0,75 kg de lípidos de fontes vegetais, semente de girassol (C18:2 n-6) e semente de linhaça (C18:3 n-3), e constataram um aumento do diâmetro do folículo ovulatório e aumento da taxa de gestação para os animais suplementados com semente de linhaça. A linhaça também proporcionou às vacas leiteiras melhor desenvolvimento embrionário, o

que foi constatado pelo aumento significativo do número de blastômeros (THANGAVELU et al, 2007).

Vacas alimentadas com linhaça extrusada ou soja tostada durante o pós-parto, apresentaram diminuição de endometrite comparado com o grupo suplementado com soja tostado, e com diminuição da prostaglandina $F_{2\alpha}$ para os animais suplementados com linhaça extrusada. Assim, a linhaça extrusada deve ser oferecida as vacas após a involução uterina, para diminuir a secreção de prostaglandina $F_{2\alpha}$ e melhorar as taxas de gestação e fertilidade (DIRANDEH et al, 2013).

A alimentação de vacas leiteiras com linhaça encapsulada alterou a composição de ácidos graxos no plasma, no fluido folicular, aumentando a proporção n-3. Além disso, uma maior taxa de clivagem de oócitos foi observada nos animais alimentados com linhaça encapsulada em comparação com o controle. A incorporação de ácidos graxos poli-insaturados específicos como n-3 em membranas celulares pode alterar a fluidez de membranas e a função dos oócitos (ZACHUT et al, 2010; SCHMID-LAUSIGK e AURICH, 2014).

Estudos *in vivo* sugerem que a suplementação de vacas com ácidos graxos poli-insaturados pode melhorar a qualidade e desenvolvimento do embrião, mas as pesquisas têm mostrado efeitos distintos dos ácidos graxos sobre a qualidade e desenvolvimento de oócitos e embriões. Como o trabalho de Ponter et al. (2012), que utilizou semente de linhaça para a suplementação de novilhas leiteiras e não encontraram diferença para o número e qualidade de oócitos e embriões produzidos *in vitro*. No entanto, Zachut et al. (2010), utilizando dieta com semente de linhaça encapsulada observaram aumento do número de pequenos folículos coletados por aspiração, e também aumento da taxa de clivagem na fecundação *in vitro* dos oócitos.

A semente de linhaça vem sendo utilizada na alimentação de ruminantes com o objetivo de obter efeitos positivos sobre a reprodução, mas isso nem sempre foi observado. Petit et al. (2008) observaram que a suplementação de semente de linhaça para vacas leiteiras doadoras de embriões e receptoras não melhorou a manutenção da gestação após transferir os embriões. Albuquerque et al. (2012) superovularam vacas *Bos indicus*

suplementadas com linhaça e produziram mais embriões degenerados do que o grupo de vacas controle. Portanto, o efeito da suplementação com semente de linhaça influenciando a reprodução ainda é controverso, podendo haver efeitos positivos, negativos ou nenhum efeito. Parece existir vários fatores, incluído a raça, o período de lactação, o escore corporal no início da sincronização ou superovulação, o ambiente influenciando os resultados a serem alcançados.

Desse modo, uma estratégia para melhorar a fertilidade dos ruminantes está na investigação da nutrição. As proporções dos ácidos graxos poli-insaturados nas membranas celulares refletem as quantidades consumidas na dieta. Podendo trazer benefícios para resposta superovulatória e qualidade embrionária de animais envolvidos nos programas de transferência de embriões (ROBINSON et al, 2006).

2.3- Lipídios e Metabólitos sanguíneos

A partir das análises do perfil metabólico é possível detectar, analisar e corrigir doenças metabólicas, podendo diagnosticar desequilíbrios nutricionais. Portanto, em estudos de dietas lipídicas é importante monitorar os níveis de glicose e de colesterol, por representarem o metabolismo energético. Assim, variações metabólicas nas cabras permitem estimar o processo de adaptação às dietas (GONZÁLEZ e SCHEFFER, 2002).

A suplementação com lipídeos diminui a oxidação da glicose, fato já observado no tecido adiposo de cordeiros e novilhos. Acredita-se que a atividade da enzima glucose-6-fosfato desidrogenase, que é fundamental para a oxidação da glicose na via das pentoses, é diminuída (YANG et al, 1978). Nesta mesma linha, Grummer e Carroll (1991) relatam que a suplementação com lipídeos poupa a oxidação de glicose, sendo bastante evidente que a dieta lipídica não aumenta a glicose no sangue. Lemay et al. (2002) suplementaram mulheres hipercolesterolêmicas pós-menopausa com dietas contendo 40g de linhaça, com observação de redução da glicose e de insulina.

O colesterol plasmático está associado com lipoproteínas de baixa densidade (LDL) ou lipoproteína de alta densidade (HDL), sendo que o HDL está presente no fluido folicular

por sua capacidade de atravessar a membrana basal. Seguindo a vascularização, LDL e HDL estão presentes nas células luteais. A maioria das espécies usam preferencialmente LDL como precursor para a síntese de esteroides do ovário (GRUMMER e CARROLL, 1988). Na espécie bovina, aproximadamente 5 a 10% do colesterol presente no plasma é constituído por LDL, e o restante é quase exclusivamente de HDL (GRUMMER e CARROLL, 1991).

Novilhas de corte foram suplementadas com níveis de óleo de peixe por 45 dias e apresentaram um aumento linear na concentração de colesterol em resposta a dieta (CHILDS et al, 2008a). Concordando com Leroy et al. (2010), que conduziram um experimento suplementando novilhas por 3 semanas com sais de cálcio para torná-los inertes para a biohidrogenação e degradação no rúmen, observaram que esta dieta duplicou as concentrações de séricas de colesterol. Enquanto, no estudo de Poudyal et al. (2013), utilizando dietas lipídicas para ratos, foi observado que o ácido α -linolênico e ácido linoléico diminuíram as concentrações de triglicerídeos no plasma, mas não o colesterol, já o ácido oléico diminuiu o colesterol total no plasma sem mudar triglicerídeos.

Deng et al. (2012) estudaram suplementação de 2000mg/100g de fitoesteróis de óleo de linhaça e 200mg/100g de vitamina E em ratos. Nos resultados foi observada uma redução do perfil lipídico plasmático dos animais, e quando combinados com a adição da vitamina E potencializou os resultados devido ao efeito sinérgico na melhoria do perfil lipídico. Mesmo quando utilizou dietas com altos teores lipídicos, houve redução de triglicerídeos, colesterol total e HDL. Enquanto, potros de diferentes raças, suplementados com 5% de óleo de linhaça na dieta não apresentaram alterações nos níveis de colesterol total, HDL, LDL, VLDL e triglicerídeos (GOBESSO et al, 2011).

Zhao et al. (2004) observaram, em humanos com dietas pobre em gordura saturada, colesterol e rica em série (n-3) ou (n-6), uma diminuição significativa dos níveis de lipídeos e lipoproteínas no soro, além disso a dieta rica em ácido α -linolênico diminuiu a concentração de HDL. A ingestão de 4,4g/dia de ácido α -linolênico durante 6 semanas diminuiu a concentração de triglicerídeos no soro de 74 voluntários saudáveis (EGERT et al, 2009). Enquanto Harper et al. (2006) relataram que humanos ingerindo 3g/dia de ácido

α -linolênico não sofreram efeitos no plasma quanto a triglicerídeos e lipoproteínas. Porém, Pan et al. (2009) realizaram a uma meta análise dos efeitos da linhaça e afirmaram que há redução nas concentrações circulantes totais de LDL, mas as alterações são dependentes de de característica do individuo como, sexo e o perfil lipídico inicial.

As pesquisas com dietas a base de semente de linhaça aplicada tanto a humanos quanto aos modelos animais se mostram variáveis e contraditórias (HARPER et al, 2006; EGERT et al, 2009; NAZIR et al. 2013). Pois, o efeito benéfico do consumo de linhaça não é observado em todos os trabalhos, como no estudo de Lemay et al. (2002) em que a suplementação de 40g de linhaça por 2 meses não demonstrou alterações no perfil lipídico. Enquanto na pesquisa de Nazir et al. (2013) foram estudadas *Bufulas Murrah* em lactação suplementadas com 300g/dia de linhaça triturada, por 60 dias, desencadeando um aumento nos níveis de colesterol dentro dos valores de referência para a espécie estudada, mas não alterou os níveis de triglicerídeos, glicose ou creatinina.

3.0 Referências Bibliográficas

ALBUQUERQUE, K. P.; PRADO, I. N.; PRADO, R.M.; CAVALLIERI, L. B.; RIGOLON, L. P.; BARBOSA, O. R. Superovulation response, production and quality of embryos of cows fed on linseed or canola seed supplemented diets. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 34, p.321-327, 2012.

ALMEIDA, C. L.; BOAVENTURA, G. T.; GUZMAN-SILVA, M.;A. A linhaça (*Linum usitatissimum*) como fonte de ácido α -linolênico na formação da bainha de mielina. **Revista de Nutrição**. v. 22, p. 747-754, 2009.

AMBROSE, D. J.; KASTELIC, J. P.; CORBETT, R.; PITNEY, P. A.; PETIT, H. V.; SMALL, J.A.; ZALKOVIC, P. Lower pregnancy losses in lacting dairy cows fed a diet enriched in α -linolenic acid. **Journal of Dairy Science**, v. 89, p. 3066-3074, 2006.

ANWAR, F.; PRZYBYLSKI, R. Effect of solvents extraction on total phenolics and antioxidant activity of extracts from flaxseed (*Linum usitatissimum* L.). **Acta scientiarum polonorum. Technologia alimentaria**, v.11, p.293-301, 2012.

BILBY, T. R.; GUZELOGLU, A.; MACLAREN, L. C.; STAPLES, C. R.; THATCHER, W. W. Pregnancy, bovine somatotropin, and dietary n-3 fatty acids in lactating dairy cows: II. Endometrial gene expression related to maintenance of pregnancy. **Journal of Dairy Science**, p. 3375-3385, 2006a.

BILBY, T. R.; JENKINS, T.; STAPLES, C. R.; THATCHER, W. W. Pregnancy, bovine somatotropin, and dietary n-3 fatty acids in lactating dairy cows: III. Fatty acids distribution. **Journal of Dairy Science**, p. 3386-339. 2006b.

CANADIAN GRAIN COMMISSION. Canada Western flaxseed and of yellow flaxseed samples. Manitoba, 2001.

CASA, R.; RUSSELL, G.; LO CASCIO, B.; ROSSINI, F. Environmental effects on linseed (*Linum usitatissimum* L.) yield and growth of flax at different stand densities. **European Journal of Agronomy**, v.11 p.267-278, 1999.

CAROPRESE, M.; MARZANO, A.; ENTRICAN, G.; WATTEGEDERA, S.; ALBENZIO, M.; SEVI, A. Immune response of cows fed polyunsaturated fatty acids under high ambient temperatures. **Journal of Dairy Science**, v. 92, p. 2796–2803, 2009.

CAROPRESE, M.; ALBENZIO, M.; BRUNO, A.; ANNICCHIARICO, G.; MARINO, SEVI, A. Effects of shade and flaxseed supplementation on the welfare of lactating ewe under high ambient temperatures. **Small Ruminant Research**, v. 102, p. 177-185, 2012.

CARRARA, C. L.; ESTEVES, A. P.; GOMES, R. T.; GUERRA, L. L. Uso da semente de linhaça como nutracêutico para prevenção e tratamento da aterosclerose. **Revista Eletrônica de Farmácia**, v. 4, p.1-9, 2009.

CAVALIERI, F. B.; SANTOS, G. T.; MATSUSHITA, M.; PETIT, H. V.; RIGOLON, L. P.; SILVA, D.; HORST, J. A.; CAPOVILLA, L. C.; RAMOS, F. S. Milk production and milk composition of dairy cows fed lac 100® or whole flaxseed. **Canadian Journal of Animal Science**, p. 413-416. 2005.

CERRI, R. L. A.; JUCHEM, O. S.; CHEBEL, R. C.; RUTIGLIANO, H. M.; BRUNO, R. G. S.; GALVÃO, K. N. 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**, v.92, p.1520-1531, 2009.

CHEN, J.; WANG, L.; THOMPSON, L. U. Flaxseed and its components reduce metastasis after surgical excision of solid human breast tumor in nude mice. **Cancer Letters**, v. 234, p. 168-175. 2006.

CHENG, Z.; ALBAYASEKARA, D. R. E.; WARD, F.; PREECE, D. M. W.; RAHEEM, K. A.; WATHES, D. C. Altering n-3 to n-6 polyunsaturated fatty acids ratios affects prostaglandin production by ovine uterine endometrium. **Animal Reproduction Science**, v.143, p. 38-47, 2013.

CHILDS, S.; HENNESSY, A. A.; SREENAN, J. M.; WATHES, D. C.; STANTON, C.; CHENG, Z.; STANTON, C.; DISKIN, M. G.; KENNY, D. A. Effect of level of dietary n-3 polyunsaturated fatty acid supplementation on systemic and tissue fatty acid concentrations and on selected reproductive variables in cattle. **Theriogenology**, v. 70, p.595–611, 2008a.

CHILDS, S.; CARTER, F.; LYNCH, C. O.; SCREENAN, J. M.; LONERGAN, P.; HENNESSY, A. A.; KENNY, D. A. Embryo yield and quality following dietary supplementation of beef heifers with n-3 polyunsaturated fatty acids (PUFA). **Theriogenology**, v. 70, p. 992-1003, 2008b.

CHUNG, M.; LEI, B.; LI-CHAN, E. Isolation and structural characterization of the major protein fraction from NorMan flaxseed (*Linum usitatissimum* L.). **Food Chemistry**, v. 90, p.271–279. 2005.

COYNE, G. S.; KENNY, D. A.; CHILDS, S.; SREENAN, J. M.; WATERS, S. M. Dietary n-3 polyunsaturated fatty acids alter the expression of genes involved in prostaglandin biosynthesis in the bovine uterus. **Theriogenology**, v. 70, p. 772-782, 2008.

COYRAL-CASTEL, S.; RAMÉ, C.; FATET, A.; DUPONT, J. Effects of unsaturated fatty acids on progesterone secretion and selected protein kinases in goat granulosa cells. **Domestic Animal Endocrinology**, v. 38, p. 272-283, 2010.

CUNNANE, S. C.; SUJATA, G.; MENARD, C.; LIEDE, A. C.; HAMADEH, M. J.; CHEN, Z. Y.; WOLEVER, T. M. S.; JENKINS, D. J. A. High α -linolenic acid flaxseed (*Linum usitatissimum*): some nutritional properties in humans. **British Journal of Nutrition**, p. 443-453, 1993.

DELEPRANE, J. B.; BATISTA, A.; PACHECO, J. T.; SILVA, A. F. E.; COSTA, C. A.; RESENDE, A. C.; BOAVENTURA, G. T. Dietary flaxseed supplementation improves endothelial function in the mesenteric arterial bed. **Food Research International**, v. 43, p. 2052-2056, 2010.

DENG, Q.; YU, X.; XU, J.; LIU, C.; HUANG, F.; HUANG, Q.; YANG, J. Effect of Flaxseed Oil Fortified with Vitamin E and Phytosterols on Antioxidant Defense Capacities and Lipids Profile in Rats. **Journal of Food Science**, v. 77, p. 137-140, 2012.

DIRANDEH, E.; TOWHIDI, A.; PIRSARAEI, Z. A.; HASHEMI, F.A.; GANJKHANLOU, M.; ZEINOALDINI, S.; ROODBARI, A. R.; SABERIFAR, T.; PETIT, H. V. Plasma concentrations of PGFM and uterine and ovarian responses in early lactation dairy cows fed omega-3 and omega-6 fatty acids. **Theriogenology**, v. 80, p. 131-137, 2013.

EGERT, S.; KANNENBERG, F.; SOMOZA, V.; ERBERSDOBLER, H. F.; WAHRBURG, U. Dietary alpha-linolenic acid, EPA, and DHA have differential effects on LDL fatty acid composition but similar effects on serum lipid profiles in normolipidemic humans. **Journal of Nutrition**, v. 139, p. 861–868, 2009.

FUNSTON, R. N. Fat supplementation and reproduction in beef females. **Journal of Animal Science**. v. 82, p. E154–E161, 2004.

GALVÃO, E. L.; SILVA, D. C. F.; SILVA, J. O. S.; MOREIRA, A. V. B.; SOUSA, E. M. B. D. Avaliação do potencial antioxidante e extração subcrítica do óleo de linhaça. **Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, p. 551-557, 2008.

GENICOT, G.; LEROY, J. L. M. R.; VAN SOOM, A.; DONNAY, I. The use of a fluorescent dye, Nile red, to evaluate the lipid content of single mammalian oocytes. **Theriogenology**, v. 63, p. 1181-1194, 2005.

GOBESSO, A. A. O.; MOREIRA, A. M. F. O.; TAMAS, W. T.; RIBEIRO, R. M.; PREZOTTO, L. D.; GONZAGA, I. V. F.; ETCHICHURY, M.; BRANDI, R. A. Digestibilidade aparente e concentrações plasmáticas de triglicérides e colesterol em equinos alimentados com fontes de óleo vegetal. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 12, p. 254-263, 2011.

GONZÁLEZ, F. H. D.; SCHEFFER, J. F. S. Perfil sanguíneo: ferramenta de análise clínica, metabólica e nutricional. In: Avaliação metabólico-nutricional de vacas leiteiras por meio de fluidos corporais. **29º Congresso Brasileiro de Medicina Veterinária**. Gramado, Brasil. 2002.

GRUMMER, R. R.; CARROLL, D. J. A review of lipoprotein cholesterol metabolism: Importance to ovarian function. **Journal of Animal Science**, v. 66, p. 3160-3173, 1988.

GRUMMER, R. R.; CARROLL, D. J. Effects of dietary fat on metabolic disorders and reproductive performance of dairy cattle. **Journal of Animal Science**, v. 69, p. 3838–3852, 1991.

HARPER, C.R.; EDWARDS, M. C.; JACOBSON, T. A. Flaxseed oil supplementation does not affect plasma lipoprotein concentration or particle size in human subjects. **Journal of Nutrition**, v. 136, p. 2844–2848. 2006.

KAITHWAS, G.; MAJUMDAR, D. K. Therapeutic effect of *Linum usitatissimum* (flaxseed/linseed) fixed oil on acute and chronic arthritis models in albino rats. **Inflammopharmacology**, v. 18, p. 127-136, 2010.

LEMAY, A.; DODIN, S.; KADRI, N.; JACQUES, H.; FOREST, J. C. Flaxseed dietary supplement versus hormone replacement therapy in hypercholesterolemic menopausal women. **Obstetrics & Gynecology**, v. 100, p. 495-504, 2002.

LEROY, J. L. M. R.; VAN HOECK, V.; CLEMENTE, M.; RIZOS, D.; GUTIERREZ-ADAN, A.; VAN SOOM, A.; UYTTERHOEVEN, M.; BOLS, P. E. J. The effect of nutritionally induced hyperlipidaemia on in vitro bovine embryo quality. **Human Reproduction**, v. 25, p. 768–778, 2010.

LIMA, C. C. **Aplicação das Farinhas de Linhaça (*Linum usitatissimum* L.) e Maracujá (*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Deg.) no Processamento de Pães com Propriedades Funcionais**. Universidade Federal Do Ceará - Centro De Ciências Agrárias - Departamento De Tecnologia De Alimentos - Curso De Mestrado Em Tecnologia De Alimentos. Fortaleza – Ceará, 2007. 148 p. Disponível em <<http://www.ppgcta.ufc.br/candicelima.pdf>> Acessado em 31 de Julho de 2015.

MARQUES, A. C.; HAUTRIVE, T. P.; MOURA, G. B.; CALLEGARO, M. G. K.; HECKTHEUER, L. H. R. Efeito da linhaça (*Linum usitatissimum* L.) sob diferentes formas de preparo na resposta biológica em ratos. **Revista de Nutrição**, v. 24, p. 131-141, 2011.

MATTOS, R.; STAPLES, C. R.; THATCHER, W. W. Effects of dietary fatty acids on reproduction in ruminants. **Reviews of Reproduction**, v. 5, p. 38–45, 2000.

MATTOS, R.; GUZELOGLU, A.; BADINGA, L.; STAPLES, C. R.; THATCHER, W. W. Polyunsaturated fatty acids and bovine interferon- τ modify phorbol ester-induced secretion of prostaglandin F $_{2\alpha}$ and expression of prostaglandin endoperoxide synthase-2 and phospholipase-A2 in bovine endometrial cells. **Biology of Reproduction**, v. 69, p. 780–787, 2003.

McEVOY, T. G.; COULL, G. D.; BROADBENT, P. J.; HUTCHINSON, J. S. M.; SPEAKE, B. K. Fatty acid composition of lipids in immature cattle, pig and sheep oocytes with intact zona pellucida. **Journal of Reproduction and Fertility**, v. 118, p. 163–170, 2000.

MELO, S. S.; SILVEIRA, B. M.; STEFANES, F. B.; TOMIO, T. A.; TISCHER, C. A. Efeito da goma arábica nas concentrações de colesterol hepático, sérico e fecal de ratos alimentados com semente de linhaça, óleo de linhaça e colesterol sintético. **Alimentos e Nutrição Araraquara**, v. 19, p. 113-144, 2008.

MILDER, I. E. J.; ARTS, I. C. W.; VAN DE PUTTE, B.; VENEMA, D. P.; HOLLMAN, P. C. H. Lignan contents of Dutch plant foods: a database including lariciresinol, pinoresinol, secoisolariciresinol and matairesinol. **British Journal of Nutrition**, v. 9, p. 393–402, 2005.

MORRIS, D. H.; VAISEY-GENSER, M. Flaxseed. **Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition**, v. 10, p. 2525-2531, 2003.

MORRIS, D. H. Flax – **A health and nutrition primer**. 4th ed. Winnipeg, MB: Flax Council of Canada. 106p . 2007.

NAZIR, G.; GHUMAN, S. P. S.; SINGH, J.; HONPARKHE, M.; AHUJA, C. S.; DHALIWAL, G. S.; SANGHA, M. K.; SAIJPAUL, S.; AGARWAL, S. K. Improvement of conception rate in postpartum flaxseed supplemented buffalo with Ovsynch + CIDR protocol. **Animal Reproduction Science**, v. 137, p. 15-22, 2013.

NEILL, W. O.; MCKEE, S.; CLARKE, A. F. Flaxseed (*Linum usitatissimum*) supplementation associated with reduced skin test lesional area in horses with culicoides hypersensitivity. **The Canadian Journal of Veterinary Research**, v. 66, p. 272-277, 2002.

NEPA, UNICAMP. **Tabela brasileira de composição de alimentos: TACO**. 4.ed. Campinas: Nepa-Unicamp; 2011. Disponível em: < <http://www.unicamp.br/nepa/taco/> >. Acesso em 28/05/2014.

OOMAH, B. D.; KENASCHUK, E. O.; MAZZA, G. Phenolic acids in flaxseed. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 43, p. 2016-2019, 1995.

OOMAH, B.D.; MAZZA, G. Helth benefits of phytochwmicals from selected Canadian crops. **Trends in Food Science & Technology**, v. 10, p. 193-198, 1999.

OOMAH, B. D.; DER, T. J.; GODFREY, D. V. Thermal characteristics of flaxseed (*Linum usitatissimum* L.) proteins. **Food Chemistry**, v. 98, p. 733–741, 2006.

PAN, A.; YU, D.; DENARK-WAHNEFRIED, W.; FRANCO, O. H.; LIN, X. Meta-analysis of the effects of flaxseed intervebtions on blood lipids. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 90, p. 1-10, 2009.

PEIRETTI, P.G.; MEINERI, G. Chemical composition, organic matter digestibility and fatty acid content of linseed (*Linum usitatissimum* L) harvested at five stages of growth. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 88, p. 1850-1854, 2008.

PETIT, H. V. Antioxidants and dairy production: The example of flax. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, p. 352-361, 2009.

PETIT, H. V.; CAVALIERI, F. B.; SANTOS, G. T. D.; MORGAN, J.; SHARPE, P. Quality of embryos produced from dairy cows fed whole flaxseed and the success of embryo transfer. **Journal of Dairy Science**. v. 91, p. 1786-1790, 2008.

PETIT H. V. Digestion, milk production, milk composition and reproductive function of dairy cows fed different fats. **Journal of Dairy Science**, v. 85, p. 1482-1490. 2002.

PINHEIRO JR, M. N.; SANTOS, P. M.; SANTOS, R. C. R.; BARROS, J. N.; PASSOS, L.F.; CARDOSO NETO, J. Uso horal do óleo de linhaça (*Linum usitatissimum*) no tratamento do olho seco de pacientes portadores da síndrome de Sjögrenn. **Arquivo Brasileiro de Oftalmologia**, v. 70, p. 649-55, 2007.

PONTER, A. A.; PARSY, A. E.; SAADÉ, M.; MIALOT, P. J.; FICHEUX, C.; PONTER, C. D.; GRIMARD, B. Effect of a supplement rich in linoleic acid added to the diet of post partum dairy cows on ovarian follicle growth, and milk and plasma fatty acid compositions. **Reproduction Nutrition Development**, v. 46, p.v19-29, 2006.

PONTER, A. A.; GUYADER-JOLY, C.; NUTTINCK, F.; GRIMARD, B.; HUMBLLOT. Oocyte and embryo production and quality after OPU-IVF in dairy heifers given diets varying in their n-6/n-3 fatty acid ratio. **Theriogenology**, v. 78, p. 632-645, 2012.

POUDYAL, H.; KUMAR, S. A.; IYER, A.; WAANDERS, J.; WARD, L. C.; BROWN, L. Responses to oleic, linoleic and α -linolenic acids in high-carbohydrate, high-fat diet-induced metabolic syndrome in rats. **The Journal of Nutritional Biochemistry**, v. 24, p. 381–1392, 2013.

PRADHAN, R.; MEDA, V.; ROUT, P.; NAIK, S.; DALAI, A. Supercritical CO₂ extraction offatty oil from flaxseed and comparison withscrew press expression and solvent extractionprocesses. **Journal of Food Engineering**, v. 98, p. 393-397, 2010.

PRASAD, K.; MANTHA, S. V.; MUIR, S. D.; WESTCOTT, N. D. Reduction of hypercholesterolemic atherosclerosis by CDC flaxseed with very low alpha-linolenic acid. **Atherosclerosis**, p. 367-375, 1998.

PRATES, E. G.; NUNES, J. T.; PEREIRA, R. M. A role of lipid metabolism during cummulus-oocyte complex maturation: Impact of lipid modulators to improve embryo parduccion. **Hindawi Publishing Corporation**, p. 1-11, 2014.

RAHBAR, B.; SAFDAR, A. H. A.; KOR, N. M. Mechanisms through fat supplementation could enhance reproduction in farm animal. **European Journal of Experimental Biology**. v. 4, p. 340-348, 2014.

ROBINSON, J. J.; ASHWORTH, C. J.; OOKKE, J. A.; MITCHELL, L. M.; McEVOY, T. G. Nutrition and fertility in ruminant livestock. **Animal Feed Science and Technology**, v. 126, p. 259-276, 2006.

SANTOS, J. E. P.; CERRI, R. L. A.; SARTORI, R. Nutritional management of the donor cow. **Theriogenology**. v. 69, p. 88–97, 2008.

SCHMID-LAUSIGK, Y.; AURICH, C. Influences of a diet supplemented with linseed and antioxidants on quality of equine semen after cooling and cryopreservation during winter. **Theriogenology**, v. 81, p. 966-973, 2014.

SCHOGOR, A. L. B.; PALIN, M. F.; SANTOS, G. T.; BENCHAAAR, C.; LACASSE, P.; PETIT, H. V. Mammary gene expression and activity of antioxidant enzymes and oxidative indicators in the blood, milk, mammary tissue and ruminal fluid of dairy cows fed flax meal. **British Journal of Nutrition**, v. 110, p. 1743-1750, 2013.

SEIDEL JR, G. E. Modifying oocytes and embryos to improve their cryopreservation. **Theriogenology**. v. 65, p. 228-325. 2006.

SONCIN, M. R. S. P.; FURTADO, C. E.; SILVA, A. A.; RIGOLON, L. P.; CAVALIERI, F. L. B.; MORAES, G. V. Digestibilidade aparente, crescimento folicular e concentração de metabólitos sanguíneos de éguas recebendo concentrado com semente de linhaça integral (*Linum usitatissimum* L.). **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 31, p. 191-197, 2009.

STAPLES, C. R.; BURKE, J. M.; THATCHER, W. W. Symposium: optimizing energy nutrition for reproduction dairy cows. **Journal Dairy Science**, v. 81, p. 856-871, 1998.

THANGAVELU, G.; COLAZO, M. G.; AMBROSE, D. J.; OBA, M.; OKINE, E. K.; DYCK, M. K. Diets enriched in unsaturated fatty acids enhance early embryonic development in lactating Holstein cows. **Theriogenology**, v. 68, p. 949-957, 2007.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA). **National nutrient database for standard reference**. Disponível em:
<<http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp/search>>. Acesso em: 21/05/2014.

VELAZQUEZ, M. A. The role of nutritional supplementation on the outcome of superovulation in cattle. **Animal Reproduction Science**, v. 126, p. 1-10, 2011.

VIJAIMOHAN, K.; JAINU, M.; DABITHA, K. E.; SUBRAMANIYAM, S.; ANANDHAN, C.; DEVI, S. C. S. Beneficial effects of linolenic acid rich flaxseed oil on growth performance and hepatic cholesterol metabolism in high fat diet fed rats. **Life Sciences**, v. 79, p. 448-454, 2006.

WADA, F. Y.; PRADO, I. N.; SILVA, R. R.; MOLETTA, J. L.; VISENTAINER, J. V.; ZEOULA, L. M. Grãos de linhaça e de canola sobre o desenvolvimento, digestibilidade aparente e características de carcaça de novilhas nelore terminadas em confinamento. **Ciência Animal Brasileira**, v. 9, p. 883-895, 2008.

WATHES, D. C.; ROBERT, D.; ABAYASEKARA, E.; AITKEN A. Polyunsaturated fatty acids in male and female reproduction. **Biology of Reproduction**, v. 77, p. 190-201, 2007.

WONG, H.; CHACHAL, N.; MANLHIOT, C.; NIEDRA, E.; McCRINDLE, B. W. Flaxseed in pediatric hyperlipidemia a placebo-controlled, blinded, randomized clinical trial of dietary flaxseed supplementation for children and adolescents with hypercholesterolemia. **The Journal of the American Medical Association Pediatrics**, v. 67, p. 708-713. 2013.

YANG, Y.T.; BALDWIN, R.L.; GARRETT, N.W. Effects of dietary lipid supplementation on adipose tissue metabolism in lambs and steers. **Journal of Animal Science**, v. 47, p. 686-690, 1978.

ZHAO, G.; ETHERTON, T. D.; MARTIN, R. K.; WEST, S. G.; GILLIES, P. J.; KRIS-ETHERTON, P. M. Dietary α -linolenic acid reduces inflammatory and lipid cardiovascular risk factors in hypercholesterolemic men and women. **Human Nutrition and Metabolism**, p. 2991-2997, 2004.

ZACHUT, M.; DEKEL, I.; LEHRER, H.; ARIELI, A.; LIVSHITZ, L.; YAKOBY, S.; MOALLEM, U. Effects of dietary fats differing in n-6:n-3 ratio fed to high-yielding dairy cows on fatty acid composition of ovarian compartments, follicular status, and oocyte quality. **Journal of Dairy Science**, v. 93, p. 529-545, 2010.

CAPÍTULO 1

SEMENTE DE LINHAÇA MARROM MELHORA A PRODUÇÃO DE EMBRIÕES EM CABRAS BOER

Semente de linhaça marron melhora a produção de embriões em cabras Boer

RESUMO

A semente de linhaça é uma fonte vegetal de ácidos graxos poli-insaturados que vem sendo utilizada para melhorar os índices reprodutivos de ruminantes. Este estudo teve como objetivo determinar o consumo voluntário de nutrientes e a produção, qualidade e estágio de desenvolvimento de embriões de cabras Boer suplementadas com níveis de semente de linhaça. Foram usadas 24 fêmeas adultas da raça Boer distribuídas aleatoriamente em quatro grupos experimentais, com fornecimento de 0, 4, 8 e 12% de inclusão de semente de linhaça na dieta total. As doadoras foram superovuladas, cobertas e os embriões foram coletados no 7º dia após o início do estro. Não houve efeito das dietas ($P>0,05$) sobre o consumo de matéria seca, mas houve efeito linear crescente ($P<0,001$) para consumo de extrato etéreo. Para consumo de carboidratos não fibrosos também se observou efeito linear ($P<0,05$), porém decrescente. Houve efeito das dietas ($P<0,05$) sobre o número total de embriões coletados; para o número de embriões viáveis; para o número de estruturas degeneradas; qualidade morfológica dos embriões viáveis e para o estágio de desenvolvimento dos embriões. Este estudo indica que a inclusão de semente de linhaça na dieta de cabras Boer aumenta o consumo de extrato etéreo, com consequente aumento da ingestão ácidos graxos poli-insaturados o que levou os tratamentos com 4% e 8% de semente de linhaça a terem maior número de estruturas viáveis, com menores índices de embriões degenerados. Ainda observa-se benefício na sincronia para a produção de blastocistos e blastocistos expandidos.

Palavras-chave: ácidos graxos, ácido linolênico, superovulação

Flaxseed improves production of embryos in Boer goats

ABSTRACT

Flaxseed is a plant source of polyunsaturated fatty acids that has been used to improve the reproductive performance of ruminants. This study was aimed to determine the voluntary intake of nutrients and the quality, quantity and stage of embryo development in Boer goats supplemented with flaxseed levels. In total, 24 adult female goats were randomly assigned to one of the four groups supplemented with 0, 4, 8 or 12% of flaxseed in the diet. The donors were superovulated, naturally mated and embryos were collected on 7 days following the onset of estrus. Data were analyzed using mixed and frequency procedure of SAS. The dry matter intake was not influenced by dietary treatments ($P>0.05$), however, linear increment ($P<0.001$) was determined for consumption of fat. On the other hand, the consumption of non-fiber carbohydrates also shown a linear effect ($P<0.05$), but in a decreasing pattern. There were no effects of diet ($P<0.05$) on the total number of embryos collected; the number of viable embryos; the number of degenerate structures and for the morphological quality and the stage of development of the viable embryos. This study indicates that the inclusion of flaxseed in diets of Boer goats increases the fat consumption without influencing dry matter intake. Furthermore, diets supplemented with 4% or 8% of flaxseed showed numerically higher number of viable structures with lower rates of degenerate embryos while benefits the production of blastocysts and expanded blastocysts.

Key words: fatty acid, linolenic acid, superovulation

Introdução

Para melhorar os índices de produtividade da espécie caprina, deve-se associar o melhoramento genético, nutrição e reprodução dos animais que possuem características desejáveis para a produção. A relação entre nutrição e reprodução em ruminantes é complexa e as respostas frente a esta interação são variáveis e inconsistentes. Um dos desafios se dá pela utilização de fontes de lipídeos e sua influencia sobre a reprodução. Os lipídeos são fontes de ácidos graxos essenciais para inúmeros processos fisiológicos, incluído a reprodução (WATHES et al, 2007). Assim, adição de lipídeos ricos em ácidos graxos poli-insaturados, principalmente ácido α -linolênico, é uma alternativa para a nutrição de matrizes. Sabe-se que os ácidos graxos poli-insaturados estão envolvidos nos mecanismos da síntese de prostaglandinas (PETIT et al, 2002; SANTOS et al, 2008), influenciam a taxa de prenhez (CAVALIERI et al, 2005), além de interferirem na produção e qualidade de embriões em vacas leiteiras (CHILDS et al, 2008).

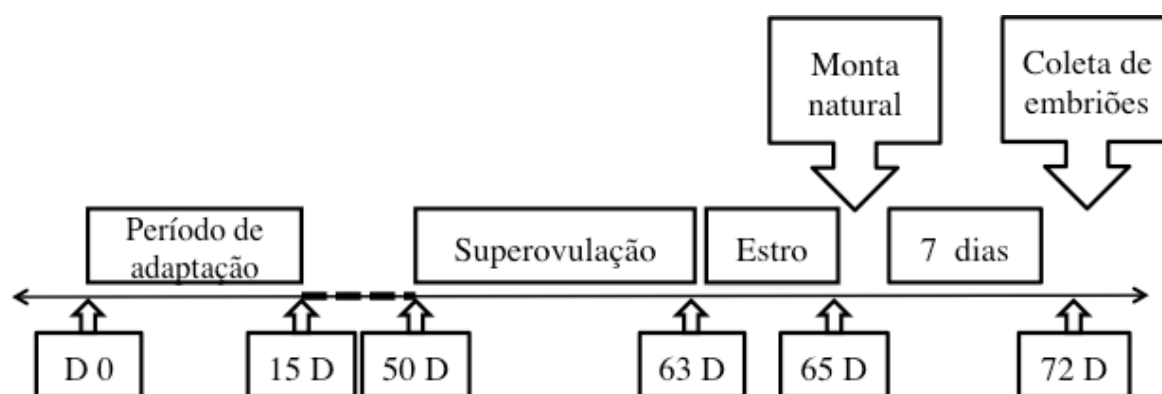
A semente de linhaça é uma opção para a nutrição de ruminantes por ser a fonte vegetal que possui maior concentração de ácido α -linolênico, apresentando de 45 a 65% do total de ácidos graxos desta semente (AMBROSE et al, 2006). Entretanto, os ácidos graxos poli-insaturados n-3 e n-6 parecem ter efeitos marcantes sobre as respostas reprodutivas, mas não está claro se estes efeitos são mediados apenas por eles, ou por outros intermediários potenciais produzidos durante a biohidrogenação no rúmen (SANTOS et al, 2008). Assim, este estudo teve como objetivo determinar se a adição de semente de linhaça na dieta de cabras Boer tem algum efeito sobre o consumo voluntário de nutrientes, a produção, qualidade e estágio de desenvolvimento de embriões produzidos por estas cabras.

Material e Métodos

O estudo foi conduzido no aprisco da Fazenda Experimental de São Gonçalo dos Campos da Universidade Federal da Bahia. O clima, segundo classificação de Köppen-Geiger, é Equatorial com temperatura média anual de 23,2 °C e precipitação pluviométrica média de 1.000mm/ano.

Foram utilizadas 24 cabras adultas da raça Boer, com peso médio inicial de 45,90±1,86 kg, múltiparas, secas e escore corporal 3,6±0,09, segundo escala de 1 a 5, em que 1 equivale a muito magra e 5 a obesa. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com quatro grupos experimentais que corresponderam as dietas a base de semente de linhaça marrom quebrada nos níveis de 0, 4, 8 e 12%, sendo seis repetições por tratamento. Os animais foram alojados em baias individuais providas de comedouros e bebedouros. O processo de adaptação dos animais ao ambiente, ao manejo e as dietas foram de 15 dias, no total o período experimental foi de 72 dias (Figura 1).

Figura 1 - Cronograma do período experimental, ao longo dos 72 dias de fornecimento da semente de linhaça na dieta.



Fonte: Construído a partir dos dados do delineamento experimental

As cabras foram alimentadas com ração na forma de mistura completa e formuladas com base no NRC (2007) para a manutenção. As dietas foram fornecidas duas vezes ao dia, as

oito e às dezesseis horas, e as sobras foram pesadas diariamente para a estimativa do consumo e ajuste da dieta fornecida, de maneira a garantir sobras entre 10 e 15%. Amostras de sobras de cada animal em cada semana experimental, foram secas, moídas para realização de análises bromatológicas no Laboratório de Nutrição Animal da Universidade Federal da Bahia. A composição bromatológica dos ingredientes (Tabela 1) foi feita para determinação dos teores de matéria seca método 967.03 (AOAC, 1990); matéria mineral método 942.05 (AOAC, 1990), proteína bruta método 981.10 (AOAC, 1990) e extrato etéreo método 920.29 (AOAC, 1990).

Tabela 1 – Composição bromatológica dos ingredientes utilizados nas dietas experimentais

Item (% de MS)	Ingredientes			
	Semente de linhaça	Grão de milho moído	Farelo de Soja	Feno de Tifton-85
Matéria seca	92,44	85,55	88,72	80,98
Matéria mineral	3,34	0,86	5,8	5,29
Proteína bruta	17,14	6,86	47,24	9,73
Extrato etéreo	36,72	0,99	3,45	1,55
Fibra em detergente neutro	30,34	14,14	8,37	68,71
Fibra em detergente ácido	17,58	2,67	4,09	31,64
PIDN ¹	2,91	1,45	1,59	3,71
PIDA ²	1,6	0,71	1,25	0,93
Lignina	5,05	0,31	0,21	5,11
Celulose	12,53	2,36	3,88	26,53
Hemicelulose	12,76	11,47	4,28	37,07
Carboidratos não fibrosos	12,46	77,15	35,14	14,72

Fonte: Construído a partir de dados dos ingredientes das dietas. ¹Proteína insolúvel em detergente neutro; ²Proteína insolúvel em detergente ácido

Para a determinação da fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido utilizou-se metodologia de Van Soest et al. (1991). A correção foi efetuada descontando-se o teor de proteína insolúvel em detergente neutro. A lignina foi determinada conforme metodologia descrita por Silva e Queiroz (2002), a partir do tratamento do resíduo de fibra

em detergente ácido com ácido sulfúrico a 72%. Os carboidratos não fibrosos dos ingredientes foram calculados de acordo com Mertens (1997). O teor de proteína insolúvel em detergente neutro e proteína insolúvel em detergente ácido foram obtidos segundo recomendações de Licitra et al. (1996).

O concentrado foi composto de milho, farelo de soja, premix mineral e semente de linhaça marrom nos níveis de 0, 4, 8 e 12% (Tabela 2). O volumoso utilizado foi o feno de Tifton-85 (*Cynodon* sp). A proporção de concentrado e volumoso foi de 40:60, respectivamente.

O teor de nutrientes digestíveis totais foi obtido a partir da equação: $NDT = PBD + (2,25 \times EED) + FDND + CNFD$, em que PBD, EED, FDND e CNFD significam respectivamente, proteína bruta digestível, extrato étereo digestível, fibra em detergente neutro digestível, carboidratos não fibrosos digestível (NRC, 2001).

Tabela 2 - Proporção dos ingredientes e composição bromatológica das dietas experimentais

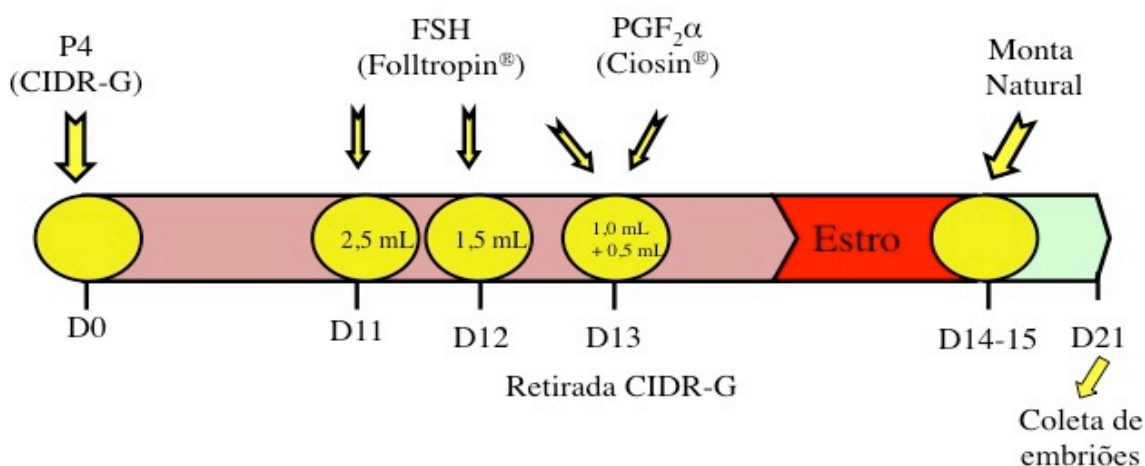
Ingredientes	Níveis de inclusão de semente de linhaça (%MS)			
	0	4	8	12
Semente de linhaça	0,00	4,00	8,00	12,00
Milho	27,20	25,10	23,00	20,88
Farelo de soja	11,20	9,30	7,40	5,52
Sal mineral ¹	1,20	1,20	1,20	1,20
Ureia ²	0,40	0,40	0,40	0,40
Feno de Tifton-85	60,00	60,00	60,00	60,00
Composição Bromatológica (% MS)				
Matéria seca	83,39	83,61	83,82	84,04
Matéria mineral	5,26	5,26	5,27	5,27
Proteína bruta	14,11	13,76	13,40	13,05
Extrato etéreo	1,59	2,97	4,35	5,73
Fibra em detergente neutro	46,01	46,77	47,52	48,28
Fibra em detergente ácido	20,17	20,74	21,31	21,88
PIDN ³	2,80	2,85	2,91	2,97
PIDA ⁴	0,89	0,92	0,94	0,97
Lignina	3,17	3,37	3,56	3,75
Celulose	16,99	17,37	17,75	18,13
Hemicelulose	25,84	26,03	26,22	26,40
Carboidratos não fibrosos	33,75	31,96	30,17	28,38
Nutrientes digestíveis totais	67,38	65,86	64,34	62,82

Fonte: Construído a partir de dados dos ingredientes e composição bromatológica das dietas. ¹Níveis de garantia (por kg em elementos ativos): cálcio 120,00g; fósforo 87,00g; sódio 147,00g; enxofre 18,00g; cobre 590,00mg; cobalto 40,00mg; cromo 20,00mg; ferro 1.800,00mg; iodo 80,00mg; manganês 1.300,00mg; selênio 15,00mg; zinco 3.800,00mg; molibdênio 300,00mg; flúor máximo 870,00mg; Solubilidade do fósforo (P) em ácido cítrico a 2% mínimo - 95%; ²Mistura de ureia e sulfato de amônio na proporção de 9:1, respectivamente; ³Proteína insolúvel em detergente neutro, ⁴Proteína insolúvel em detergente ácido.

Para superovulação das doadoras foi utilizado dispositivo intravaginal de progesterona (CIDR-G- Pfizer do Brasil Saúde Animal, São Paulo, Brasil) por treze dias; com aplicações de hormônio folículo estimulante (FSH) (Folltropin®; Bioniche, Canadá) por três dias, iniciado com 50mg de FSH, fracionado em seis doses decrescentes

administradas a cada 12 horas por via intramuscular (25% + 25%, 15% + 15% e 10% + 10%). No dia 13, foi retirado o dispositivo intravaginal e aplicado 100 µg de cloprostenol sódico (Ciosin®-Coopers Ltda) por via intramuscular. As cabras foram cobertas a partir do início do estro e a cada 12 horas até o final do estro, utilizando reprodutores com fertilidade comprovada (Figura 2).

Figura 2 - Esquema do protocolo de superovulação



Fonte: Construído a partir dos dados do protocolo de superovulação

Os embriões foram coletados no 7º dia após o início do estro pela técnica transcervical de acordo com Pereira et al, (1988). Foi utilizado 480mL de meio tampão salina fosfato (PBS) a 37°C. O meio foi introduzido através da cervix por um sonda uretral nº10 acoplada a um equipo de duas vias. O efluente foi coletado com um filtro de 75 µm e transferido para uma placa de petri.

Os embriões foram localizados por meio de estereomicroscópio e foram transferidos para uma placa de petri de 35x10mm, contendo meio de manutenção (Holding Plus ® - AB Tecnologia Ltda). Com uma ampliação de 40X as estruturas foram classificadas quanto à qualidade embrionária em grau-I (excelente ou bom); grau-II (regular); grau-III (Pobre); e

degenerado ou morto. O estágio de desenvolvimento, em não fertilizado, 2 a 12 células, mórula inicial, mórula compacta, blastocisto inicial, blastocisto, blastocisto expandido, blastocisto eclodido e blastocisto eclodido expandido, segundo a Sociedade Internacional de Transferência de Embriões (STRINGFELLOW e GIVENS, 2010).

O efeito das dietas sobre as variáveis de consumo de nutrientes foi avaliado via Análise de Variância. Quando o efeito de tratamento foi significativo na ANOVA, procedeu-se a realização da análise de regressão para avaliar os efeitos linear, quadrático e cúbico. Neste caso, os critérios utilizados para escolha do melhor modelo foram: o nível de significância da análise de regressão, o coeficiente de determinação da análise de regressão, os valores do teste-t para os parâmetros da regressão e o gráfico de dispersão dos valores de cada variável em função dos níveis de adição da linhaça. A variável extrato etéreo foi transformada para a escala logarítmica na base 10 para que atendesse as pressuposições da análise de variância. Para todas as demais variáveis aqui estudadas foi necessário utilizar testes não paramétricos, visto que não atenderam as pressuposições da análise de variância. O teste de qui-quadrado foi utilizado para comparar as proporções de estruturas viáveis e não viáveis, embriões grau I, grau II e grau III, bem como para o estágio de desenvolvimento, obtidos com os diferentes tratamentos. Em todas as análises estatísticas foi utilizado o nível de significância de 5%.

Resultados e Discussão

Não houve efeito significativo ($P>0,05$) das dietas sobre o consumo de matéria seca (Tabela 3). Portanto, a inclusão de até 12% de semente de linhaça marrom na dieta de cabras Boer parece não proporcionar qualquer efeito negativo sobre a ingestão de matéria seca. Do mesmo modo que a inclusão de 9% de semente de linhaça (AMBROSE et al, 2006) ou 17% de semente de linhaça tratada com formaldeído (PETIT et al, 2001) não alterou o consumo de matéria seca de vacas leiteiras. Os consumos de proteína bruta e fibra em detergente neutro também não sofreram efeitos das dietas ($P>0,05$) (Tabela 3), possivelmente por acompanharem a estabilidade do consumo de matéria seca, pois os teores destas frações foram semelhantes entre os tratamentos (Tabela 2).

Houve efeito linear crescente ($P < 0,001$) das dietas sobre o consumo de extrato etéreo (Tabela 3, Figura 3), com aumento de 336% de consumo de extrato etéreo do nível 0% para 12%. A semente de linhaça apresentou 36,72% de extrato etéreo na matéria seca (Tabela 1), sendo consideravelmente superior aos demais ingredientes da ração. Os animais não apresentaram diferença para consumo de matéria seca, consumindo proporcionalmente mais extrato etéreo com o acréscimo de semente de linhaça na dieta para a mesma quantidade de matéria seca consumida.

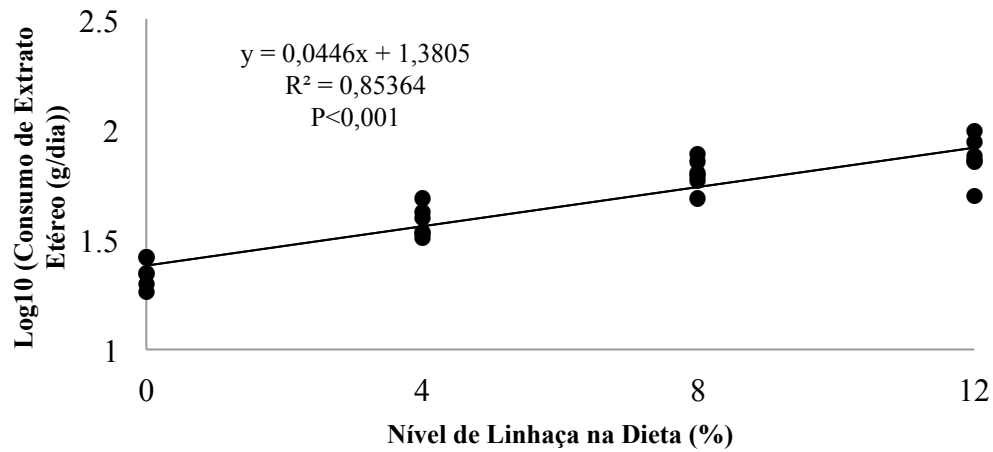
Para consumo de carboidratos não fibrosos também se observou efeito linear ($P < 0,05$) (Figura 3, Figura 4), porém decrescente, o que é explicado pelo menor teor de carboidratos não fibrosos (12,46%) presente na matéria seca da semente de linhaça marrom quando comparada aos demais ingredientes da ração. Desta forma, com a inclusão de semente de linhaça marrom na dieta houve redução de 138,58g de carboidratos não fibrosos consumidos por dia, quando se compara as dietas de 0% e 12%, sem que houvesse diferença no consumo de matéria seca.

Tabela 3 - Médias de consumo diário de nutrientes em gramas (g) por cabras Boer submetidas a dietas com semente de linhaça marrom

Dietas (%)	Consumo em g/dia					
	MS ¹	MO ²	PB ³	EE ⁴	FDN ⁵	CNF ⁶
0	1372,48	1300,51	206,33	22,46	582,00	489,73
4	1174,20	1112,07	174,46	38,28	494,71	404,62
8	1333,54	1263,04	190,38	63,37	584,4	424,90
12	1170,85	1109,31	165,25	75,46	517,45	351,15
Média geral	1262,77	1196,23	184,11	49,89	544,64	417,6
CV ⁷	19,01	19	17,63	20,45	20,66	17,7
R ²	0,15	0,15	0,22	0,83	0,13	0,35
Pr>F ⁸	0,3508	0,3494	0,1685	<0001**	0,4217	0,0315*

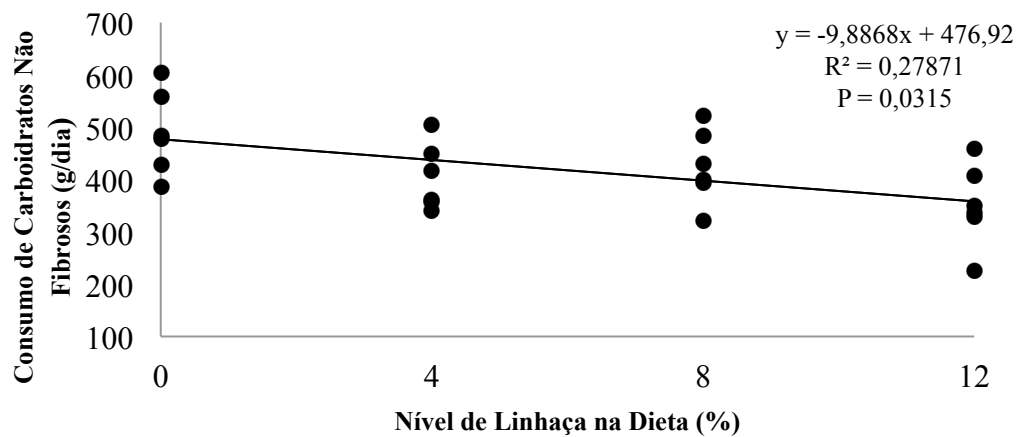
Fonte: Construído a partir dos dados de consumo das cabras Boer. ¹Matéria seca; ²Matéria orgânica; ³Proteína bruta; ⁴Extrato etéreo; ⁵Fibra em detergente neutro; ⁶Carboidratos não fibrosos; ⁷Coefficiente de variação (%), ⁸Probabilidade do teste F na ANOVA para o efeito das dietas; ** - Significativo a 1% * - Significativo a 5%

Figura 3 - Efeito linear das dietas sobre o consumo de extrato etéreo



Fonte: Construído a partir dos dados de consumo das cabras Boer

Figura 4 - Efeito linear das dietas sobre o consumo de carboidratos não fibrosos



Fonte: Construído a partir dos dados de consumo das cabras Boer

Estas alterações no consumo de nutrientes do presente estudo levaram a uma diferença ($P < 0,05$) no número de embriões totais (Tabela 4) coletadas em cabras Boer

superovuladas, sendo que os grupos que receberam os tratamentos 0% apresentaram maior número de embriões totais se comparado aos tratamentos com 4%, 8% e 12% de semente de linhaça na dieta. Apesar do menor número de embriões totais, os tratamentos com 4, 8 e 12% apresentaram maior proporção de embriões viáveis e menos estruturas degeneradas em relação ao grupo 0% ($P < 0,05$).

Tabela 4 – Proporção e percentual de embriões viáveis e degenerados de cabras Boer suplementadas com níveis de semente de linhaça na dieta

Dietas (%)	Embriões Viáveis	Embriões Degenerados	Embriões Totais
0	45 (65,2%) ^a	24 (34,8%) ^a	69 ^a
4	58 (93,5%) ^b	4 (6,45%) ^b	62 ^b
8	46 (83,6%) ^b	9 (16,4%) ^b	55 ^b
12	52 (86,7%) ^b	8 (13,3%) ^b	60 ^b
Qui-quadrado = 43,72 $p^1 = 1,73E^{-09}$			

Fonte: Construído a partir dos dados de coleta de embriões de cabras Boer. Na mesma coluna, letras diferentes apresentam diferença estatística ($p < 0,05$) pelo teste de qui-quadrado. ¹Probabilidade do teste qui-quadrado.

Os mecanismos pelos quais a nutrição melhora a quantidade de estruturas totais recuperadas em cabras Boer doadoras de embriões podem estar relacionados com o aumento da capacidade funcional do ovário, devido ao aumento do aporte energético. A maior ingestão de ácidos-graxos poli-insaturados pode promover um aumento do fator de crescimento semelhante à insulina (CHILDS et al, 2008; PONTER et al, 2006). Além disso, os ácidos graxos poli-insaturados podem modificar algumas vias específicas e influenciar o metabolismo de hormônios que modulam os processos metabólicos ovarianos, como o aumento das concentrações de colesterol que é precursor da progesterona (WATHES et al, 2007).

Outra possível justificativa é a inibição da produção de prostaglandina $F_{2\alpha}$, o que promove preservação do corpo lúteo (STAPLES et al, 1998). Assim, aumenta potencialmente o número de embriões viáveis, pela maior capacidade de produção de progesterona circulante, devido ao aumento da vida útil do corpo lúteo (STAPLES et al,

1998; COYRAL-CASTEL et al, 2010). A regressão luteal precoce em cabras é um grande problema para programas de transferência de embriões como relatado por Armstrong et al. (1982). Dentre as possíveis causas da regressão do corpo lúteo está a liberação precoce de prostaglandina $F_2\alpha$ (BATTYE et al, 1988), que pode ter origem folicular, proveniente de folículos estimulados, mas que não ovularam, ou uterina, em resposta ao prolongado estímulo de elevados níveis de estrógeno circulante (ARMSTRONG et al, 1983). Esta hipótese levou alguns pesquisadores a estudarem fármacos para prevenir a descarga de prostagandina como flunixin meglumine (FONSECA et al, 2013) e progesterona (GUERRA et al, 2011).

A semente de linhaça, por ser rica em ácidos graxos poli-insaturados, que agem nos processos reprodutivos por meio de alguns possíveis mecanismos, como a ação do ácido α -linolênico e do eicosapentaenóico que são potentes inibidores da cicloxigenase no tecido endometrial de vacas leiteiras (STAPLES et al, 1998), leva a supressão da secreção endometrial de prostaglandina $F_2\alpha$, impedindo a morte embrionária precoce. Conforme relatado por Petit et al. (2008), que confirmam a redução da síntese de prostaglandina $F_2\alpha$ em vacas leiteiras com consequente melhora nos índices de fertilidade.

Houve efeito da dieta ($P<0,05$) sobre a qualidade embrionária (Tabela 5). Os tratamentos em que as cabras receberam 4 e 8% de semente de linhaça apresentaram maiores proporções de embriões de melhor qualidade (Grau I), que são excelentes tanto para a criopreservação quanto para a inovulação a fresco. A melhora na qualidade dos embriões pode ter sido uma consequência da maior resistência da membrana plasmática, ocasionada pelas dietas ricas em ácidos graxos poli-insaturados, pois estes são componentes essenciais de todas as membranas celulares, sendo que a proporção de diferentes ácidos graxos insaturados nos tecidos do trato reprodutivo refletem o consumo da dieta (WATHES et al, 2007).

Tabela 5 - Qualidade embrionária de cabras Boer suplementadas com níveis de semente de linhaça marrom na dieta

Dietas (%)	Grau I	Grau II	Grau III	Total
0	18 (40,0%) ^a	19 (42,2%) ^a	8 (17,8%) ^a	45 ^a
4	43 (74,1%) ^b	8 (13,8%) ^b	7 (12,1%) ^b	58 ^b
8	38 (82,6%) ^b	6 (13,0%) ^b	2 (4,3%) ^b	46 ^b
12	24 (46,2%) ^a	11 (21,2%) ^a	17 (32,7%) ^a	52 ^a
Qui-quadrado = 34,93		$p^1 = 4,45E^{-06}$		

Fonte: Construído a partir dos dados de coleta de embriões de cabras Boer. Letras diferentes, na mesma coluna, apresentam diferença estatística ($p < 0,05$), pelo teste de qui-quadrado. ¹Probabilidade do teste qui-quadrado.

Estudos anteriores com vacas leiteiras mostraram efeitos positivos da suplementação com dietas enriquecidas com semente de linhaça. Thangavelu et al. (2007) observaram que vacas leiteiras suplementadas com linhaça na dieta apresentaram melhor desenvolvimento embrionário, com aumento significativo do número de blastômeros e aumento na concentração de progesterona de 6 a 8 dias após ovulação. Isso pode ser benéfico para a reprodução de cabras Boer, por estar associado ao aumento da disponibilidade de ácidos graxos para útero, oócitos e embriões com consequente melhoria em sua qualidade.

O presente estudo *in vivo* prova que a suplementação com semente de linhaça marrom em cabras Boer melhora a qualidade e desenvolvimento dos embriões. No entanto, pesquisas tem mostrado efeitos distintos dos ácidos graxos sobre a qualidade e desenvolvimento de oócitos e embriões como demonstrado por Ponter et al. (2012) que utilizaram linhaça extrusada para suplementar novilhas leiteiras e não encontraram diferença para o número e qualidade de oócitos e embriões *in vitro*. Já nas pesquisas de Petit et al. (2008) com vacas leiteiras e Albuquerque et al. (2012) com vacas de corte, animais suplementados com semente de linhaça apresentaram maior número de embriões degenerados do que animais que não receberam a linhaça.

No presente estudo foi possível observar uma melhora na qualidade dos embriões com a adição de até 8% de semente de linhaça na dieta, mas não houve melhorias com

maiores níveis de linhaça na dieta. Pode-se deduzir que existe um limite, não determinado no presente estudo, em que o nível de lipídeos torna-se prejudicial para o desenvolvimento dos embriões, como foi relatado também em vacas leiteiras por Leroy et al. (2005) e Velazquez et al. (2005).

Houve efeito das dietas ($P < 0,05$) sobre o estágio de desenvolvimento embrionário de cabras Boer alimentadas com níveis de semente de linhaça (Tabela 6). A avaliação do estágio de desenvolvimento de embriões é importante por está relacionado diretamente com a sobrevivência embrionária após a transferência. Armstrong e Evans (1983) indicaram em seus estudos uma maior taxa de sobrevivência para blastocistos, quando comparados com mórulas. Dietas ricas em lipídeos têm melhorado as taxas globais de prenhez, além de trazer efeitos benéficos sobre os folículos, embriões e útero, devido às funções biológicas dos ácidos graxos nas membranas celulares (BILBY et al, 2006). Contudo, os resultados do presente estudo mostraram influência da dieta rica em ácidos graxos poli-insaturados sobre os estádios de desenvolvimento embrionário, beneficiando mais o estágio de mórula para 0 e 12% , e blastocisto expandido para 4 e 8% de semente de linhaça na dieta.

Tabela 6 - Estádio de desenvolvimento de embriões de cabras Boer suplementadas com níveis de semente de linhaça marrom na dieta

Dietas (%)	Mórula compacta	Blastocisto Inicial	Blastocisto	Blastocisto Expandido	Total
0	22 (48,9%) ^a	4 (8,9%) ^a	11 (24,4%) ^a	8 (17,8%) ^a	45 ^a
4	16 (27,6%) ^b	2 (3,4%) ^b	20 (34,5%) ^b	20 (34,5%) ^b	58 ^b
8	14 (30,4%) ^b	8 (17,4%) ^b	9 (19,6%) ^b	15 (32,6%) ^b	46 ^b
12	32 (61,5%) ^a	2 (3,9%) ^a	10 (19,2%) ^a	8 (15,4%) ^a	52 ^a

Qui-quadrado = 26,65 $p^1 = 0,0016$

Fonte: Construído a partir dos dados de coleta de embriões de cabras Boer. Letras diferentes, na mesma coluna, apresentam diferença estatística ($p < 0,05$), pelo teste de qui-quadrado. ¹Probabilidade do teste qui-quadrado.

Conclusões

Com base nos resultados de consumo e na coleta de embriões, recomenda-se a utilização de 4% de semente de linhaça na dieta de cabras Boer por terem maior número de estruturas viáveis, com menores índices de embriões degenerados e por beneficiar a sincronia para a produção de blastocistos e blastocistos expandidos com a coleta no dia 7.

Referências Bibliográficas

ALBUQUERQUE, K. P.; PRADO, I.; N.; PRADO, R. M.; CAVALLIERI, L. B.; RIGOLON, L. P.; BARBOSA, O. R. Superovulation response, production and quality of embryos of cows fed on linseed or canola seed supplemented diets. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 34, p. 321-327, 2012.

AMBROSE, D. J.; KASTELIC, J. P.; CORBETT, R.; PITNEY, P. A.; PETIT, H. V.; SMALL, J. A.; ZALKOVIC, P. Lower pregnancy losses in lactating dairy cows fed a diet enriched in α -linolenic acid. **Journal of Dairy Science**, v. 89, p. 3066-3074. 2006.

AOAC - ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. Official methods of analysis. 15.ed. Washington, 1990.

ARMSTRONG, D. T.; PFITZNER, A. P.; PORTER, K. J.; WARNES, G. M.; JANSON, P.O.; SEAMARK, R. F. Ovarian responses of anoestrous goats to stimulation with pregnant mare serum gonadotrophin. **Animal Reproduction Science**, v. 5, p.15-23, 1982.

ARMSTRONG, D. T.; EVANS G. Factors influencing success of embryo transfer in sheep and goats. **Theriogenology**, v.19, p. 31-42. 1983.

ARMSTRONG, D. T.; PFITZNER, A. P.; WARNES, G. M.; RALPH, M. M.; SEAMARK, R. F. Endocrine responses of goats after induction of superovulation with PMSG and FSH). **Journal of Reproduction and Fertility**, v. 67, p. 395-401, 1983.

BATTYE, K. M.; FAIRCLOUGH, R. J.; CAMERON, A. W. N.; TROUNSON, A. O. Evidence for prostaglandin involvement in early luteal regression of the superovulated nanny goat (*Capra hircus*). **Journal of Reproduction and Fertility**, v. 84, p. 425-430, 1988.

BILBY, T. R.; BLOCK, J.; AMARAL, B. C.; SA FILHO, O.; SILVESTRE, F. T.; HANSER, P. J.; SATAPLES, C. R.; THATCHER, W. W. Effects of dietary unsaturated fatty acids on oocyte quality and follicular development in lactating dairy cows in summer. **Journal of Dairy Science**, p. 3891-3903, 2006.

CAVALIERI, F. L. B.; SANTOS, G. T.; MATSUSHITA, M.; Petit, H.V.; Rigolon, L. P.; Silva, D.; Horst, J. A.; Capovilla, L. C.; Ramos, F. S. Milk production and milk composition of dairy cows fed 100 or whole flaxseed. **Canadian Journal Animal Science**, v. 85, p. 413-416, 2005.

CHILDS, S.; HENNESSY, A. A.; SREENAN, J. M.; WATHES, D. C.; STANTON, C.; CHENG, Z.; STANTON, C.; DISKIN, M. G.; KENNY, D. A. Effect of level of dietary n-3 polyunsaturated fatty acid supplementation on systemic and tissue fatty acid concentrations and on selected reproductive variables in cattle. **Theriogenology**, v. 70, p. 595-611, 2008.

COYRAL-CASTEL, S.; RAMÉ, C.; FATET, A.; DUPONT, J. Effects of unsaturated fatty acids on progesterone secretion and selected protein kinases in goat granulosa cells. **Domestic Animal Endocrinology**, v. 38, p. 272-283, 2010.

FONSECA, J. F.; ZAMBRINI, F. N.; ALVIM, G. P.; PEIXOTO, M. G. C. D.; VERNEQUE, R. S.; VIANA, J. H. M. Embryo production and recovery in goats by non-surgical transcervical technique. **Small Ruminant Research**, v. 111, p. 96-99, 2013.

GUERRA, M. M. P.; SILVA, S. V.; BATISTA, A. M.; COLETO, Z.F.; SILVA, E. C. B.; MONTEIRO JR, P. L. J.; CARNEIRO, G. F. Goat reproductive biotechnology in Brazil. **Small Ruminant Research**. v. 98, p.157-163, 2011.

LEROY J. L. M. R.; OPSOMER, G.; DE VLIEGHER, S.; VANHOLDER, T.; GOOSSENS, L.; GELDHOF A.; BOLS, P. E. J., KRUIF, L.; VAN SOOM A. Comparison of embryo quality in high-yielding dairy cows, in dairy heifers and in beef cows. **Theriogenology**, v. 64, p. 2022-2036, 2005.

LICITRA, G.; HERNANDEZ, T. M.; VAN SOEST, P. J. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminants feeds. **Animal Feed Science and Technology**, v. 57, p.347-358, 1996.

MERTENS, D. R. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 80, p. 1463-1481, 1997.

NRC - **NATIONAL RESEARCH COUNCIL**. Nutrient requirement of small ruminants. 1. ed. Washington: NAP, 362p. 2007.

NRC - **NATIONAL RESEARCH COUNCIL**. Nutrient requirement of of dairy cattle. 7. rev. ed. Washington: D.C, 381p. 2001.

PEREIRA, R.J.; SOHNREY, B.; HOLTZ, W. Nonsurgical embryo collection in goats treated with prostaglandin F₂alpha and oxytocin. **Journal Animal Science**, 76:360-363, 1998.

PETIT, H. V.; DEWHURST, R. J.; PROULX, J. G.; KHALID, M.; HARESIGN, W.; TWAGIRAMUNGU, H. Milk production, milk composition, and reproductive function of dairy cows fed different fats. **Canadian Journal Animal Science**, v. 81, p. 263–271, 2001.

PETIT, H. V. Digestion, milk production, milk composition, and blood composition of dairy cows fed whole flaxseed. **Journal of Dairy Science**, v. 85, p.1482-1490, 2002.

PETIT, H.V.; CAVALIERI, F. B.; SANTOS, G. T. D.; MORGAN, J.; SHARPE, P. Quality of embryos produced from dairy cows fed whole flaxseed and the success of embryo transfer. **Journal of Dairy Science**, v. 91, p. 1786-1790, 2008.

PONTER, A. A.; PARSY, A. E.; SAADÉ, M.; JEAN-PAUL MIALOT, J. P.; FICHEUX, C.; DUVAUX-PONTER, C.; GRIMARD, B. Effect of a supplement rich in linolenic acid added to the diet of post partum dairy cows on ovarian follicle growth, and milk and plasma fatty acid compositions. **Reproduction Nutrition Development**. v. 46, p. 9–29, 2006.

PONTER, A. A.; GUYADER-JOLY, C.; NUTTINCK, F.; GRIMARD, B.; HUMBLLOT. Oocyte and embryo production and quality after OPU-IVF in dairy heifers given diets varying in their n-6/n-3 fatty acid ratio. **Theriogenology**, v. 78, p.632-645, 2012.

SANTOS, J. E. P.; BILBY, T. R.; THATCHER, W. W.; STAPLES, C. R.; SILVESTRE, F. T. Long chain fatty acids of diet as factors influencing reproduction in cattle. **Reproduction In Domestic Animals**, v. 43 (Supp.2), p. 23-30, 2008.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de Alimentos**: metodos químicos e biológicos. Vicososa-MG: UFV, 2002. 235p.

STAPLES, C. R.; BURKE, J. M.; THACTHER, W. W. Influence of supplemental fats on reproductive tissues and performance of lactanting cows. **Journal of Dairy Science**, v. 81, p. 856-871, 1998.

STRINGFELLOW, D. A., GIVENS, M. D. **Manual da Sociedade Internacional de Transferência de Embriões (IETS)**. 4. ed. 2010.

THANGAVELU, G.; COLAZO, M. G.; AMBROSE, D. J.; OBA, M.; OKINE, E. K.; DYCK, M. K. Diets enriched in unsaturated fatty acids enhance early embryonic development in lactating Holstein cows. **Theriogenology**, v. 68, p. 949-957, 2007.

VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J. B.; LEWIS, B. A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v. 74, p. 3583-3597, 1991.

VELAZQUEZ, M. A.; NEWMAN, M.; CHRISTIE, M. F.; CRIPPS, P. J.; CROWE, M. A.; SMITH, R. F.; DOBSON. The usefulness of a single measurement of insulin-like growth factor-1 as a predictor of embryo yield and pregnancy rates in a bovine MOET program. **Theriogenology**, v. 64, p. 1977-1994, 2005.

WATHES, D. C.; ROBERT, D.; ABAYASEKARA, E.; AITKEN A. Polyunsaturated fatty acids in male and female reproduction. **Biology of Reproduction**, v. 77, p. 190-201. 2007.

CAPÍTULO 2

SEMENTE DE LINHAÇA MARROM ALTERA O CONSUMO DE NUTRIENTES E A BIOQUÍMICA SANGUÍNEA DE CABRAS ALPINAS

Semente de linhaça marrom altera o consumo de nutrientes e a bioquímica sanguínea de cabras Alpinas

RESUMO

A semente de linhaça marrom é um alimento nutracêutico utilizado como fonte do ácido α -linolênico, o que pode trazer benefícios para a saúde de mamíferos. Este estudo teve por objetivo avaliar se a inclusão de níveis de semente de linhaça na dieta altera o consumo de nutrientes, o peso corporal, as concentrações de glicose, colesterol total, lipoproteínas de alta (HDL), de baixa (LDL) e de muito baixa (VLDL) densidades, de triglicerídeos, ureia e creatinina de cabras Alpinas. Um total de 21 cabras Alpinas foram distribuídas aleatoriamente em quatro grupos, sendo estes, com 0 (n= 5), 5 (n= 6), 10 (n= 5) e 15% (n= 5) de inclusão de semente de linhaça marrom na dieta total. O consumo de matéria seca apresentou comportamento linear decrescente ($P<0,001$), com redução de 53,49% no consumo deste componente entre os tratamentos controle e com 15% de inclusão de semente de linhaça. Os consumos de proteína bruta e de fibra em detergente neutro apresentaram comportamento linear decrescente ($P<0,001$), porém não houve efeito ($P>0,05$) sobre o ganho de peso diário. O consumo de carboidratos não fibrosos foi reduzido linearmente ($P<0,001$) em virtude do aumento do extrato etéreo. Não houve efeito ($P>0,05$) sobre a concentração plasmática de glicose. A concentração plasmática de colesterol total, HDL, LDL, VLDL e triglicerídeos apresentou comportamento linear crescente ($P<0,05$). Para as concentrações plasmáticas de ureia e creatinina não houve efeito de tratamento ($P>0,05$), e os valores encontrados estão dentro do normal para espécie caprina. Portanto, a inclusão de semente de linhaça na dieta inibe o consumo, aumenta os níveis do perfil lipídico. Por fim, o estudo indica que o acréscimo de até 15% de linhaça na dieta não apresenta efeitos colaterais sobre o sistema renal de cabras.

Palavras-Chave: alimentação, caprino, lipidograma, nutrição

Brown flaxseed changes nutrient intake and blood biochemistry of Alpine goats

ABSTRACT

The brown flaxseed is a nutraceutico food used as a source of α -linolenic acid to bring benefits to the health of mammals. This study was aimed to assess whether the inclusion of flaxseed levels in the diet of Alpine goats alters the nutrient intake, body weight and blood biochemistry. The plasma concentration of glucose, cholesterol, high density lipoprotein (HDL), low density lipoprotein (LDL) and very low density lipoprotein (VLDL), triglycerides, urea and creatinine were determined and compared across dietary treatments. A total of 21 female goats were randomly assigned to one of the four groups supplemented with 0 (n= 5), 5 (n= 6), 10 (n =5) or 15% (n =5) of brown flaxseed in the diet. The dry matter intake decreased linearly ($P<0.001$), and the difference between 0 and 15 % dietary treatments was 53.49%. The consumption of crude protein and neutral detergent fiber were linearly decreased ($P<0.001$), but there was no effect ($P>0.05$) on the daily weight gain. The consumption of non-fiber carbohydrates was reduced linearly ($P<0.001$) which is probably due to increased consumption of fat. There was no dietary effect ($P>0.05$) on plasma concentrations of glucose, urea and creatinine and the values determined were within the normal range for goats. On the other hand, the plasma concentration of total cholesterol, HDL, LDL, VLDL and triglycerides showed a linear increment ($P<0.05$). Therefore, the inclusion of flaxseed in the diet inhibits the consumption increases the levels of lipid profile. Finally, the study indicates that the addition of up to 15% flaxseed in the diet of Alpine goats has no considerable side effects to the health of an animal, especially on the renal system

Key words: feeding, goat, lipid profile, nutrition

Introdução

O interesse pelo uso da semente de linhaça vem crescendo como alternativa terapêutica para tratamentos de hiperlipidemia em humanos. Apesar de ser uma ferramenta nutricional nova, vem ganhando reconhecimento como alimento funcional (KIM et al, 2014; WONG et al, 2013). Neste sentido, Rajaram (2014) recomenda a utilização de alimentos integrais, ricos em ácido α -linolênico, para diminuir o risco de doenças cardiovasculares.

A semente de linhaça é a fonte vegetal conhecida que contém maior concentração de ácido α -linolênico, com média de 53% do total de ácidos graxos (TVRZICKA et al, 2011). Parte dos benefícios do ácido α -linolênico à saúde pode ser atribuída a sua conversão em ácido eicosapentaenoico, mas a sua conversão é ineficiente em humanos (ANDERSON e MA, 2009). No entanto, acredita-se que o ácido α -linolênico pode exercer efeitos sobre a saúde independente de ser o precursor do ácido eicosapentaenoico. Assim, vale explorar as fontes vegetais da família n-3 , por ser uma escolha mais sustentável comparado com peixes ou suplementos de óleo de peixe. Além de ser uma alternativa para indivíduos que não gostam do sabor de peixes, ou estão preocupados com toxicidade do mercúrio, (RAJARAM, 2014; ANDERSON e MA, 2009), ou não se alimentam de produtos derivados de animais.

Além disso, há evidências de que o ácido α -linolênico reduz a aterosclerose que é uma doença caracterizada por formação de placas nas artérias, acompanhada por inflamação crônica, a família ômega 3 tem se mostrado eficiente em reduzir os fatores de risco em mamíferos (PETZINGER et al, 2014).

O estudo da bioquímica sanguínea e do consumo de nutrientes, quando combinados, pode ajudar a entender e esclarecer a correlação entre os componentes metabólicos e nutricionais dos indivíduos. Ocorre que a composição de ácidos graxos na dieta pode exercer influência sobre os resultados do lipidograma sanguíneo (GONZÁLEZ e SCHELFFER 2002). Ácidos graxos poli-insaturados podem reduzir o nível de colesterol sanguíneo, enquanto ácidos graxos saturados tendem a elevar esse nível (SOUZA et al, 1998). Portanto, o presente estudo teve por objetivo avaliar se existe alterações no consumo

de nutrientes, no peso corporal e no perfil metabólico-bioquímico de glicose, colesterol, triglicerídeos, ureia e creatinina de cabras Alpinas suplementadas com níveis de semente de linhaça.

Material e Métodos

O experimento foi realizado no Setor de Caprinocultura do Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, no campus de Cruz das Almas, Bahia. O clima segundo a classificação de Köppen-Geiger é Equatorial úmido com temperatura e pluviosidade média de 23 °C e 1136 mm/ano, respectivamente.

Foram utilizadas 21 cabras adultas da raça Alpina, vazias e secas. Com peso médio inicial de $41,03 \pm 1,72$, distribuídas em delineamento inteiramente casualizado, em quatro grupos que corresponderam aos níveis de 0 (n=5), 5 (n=6), 10 (n=5) e 15% (n=5) de inclusão de semente de linhaça quebrada na dieta total. A composição bromatológica dos ingredientes (Tabela 1) e as rações experimentais foram formuladas seguindo o NRC (1981) para manutenção.

Os animais receberam a dieta por um período de 90 dias, o qual foi precedido por 15 dias de adaptação ao manejo e as dietas. O controle dos concentrados fornecidos foi realizado ao longo dos períodos experimentais. Os animais foram pesados no início do experimento e a cada vinte dias até o último dia do período experimental. As dietas foram fornecidas para os animais em cochos individuais, pela manhã às 7h. Após 1h, as sobras, eram recolhidas e as cabras eram soltas em piquete com *Brachiaria decumbens*. No período da tarde, às 16h, os animais retornavam para o aprisco onde recebiam o concentrado e após 1h recolhia-se as sobras e os animais ficavam estabulados em aprisco ripado provido de bebedouro.

Tabela 1 - Composição bromatológica dos ingredientes utilizados nas dietas experimentais

Item (% de MS)	Ingredientes			
	Semente de linhaça	Grão de milho moído	Farelo de soja	<i>Brachiaria decumbens</i>
Matéria seca	92,44	90,34	92,14	23,56
Matéria mineral	3,34	1,69	7,82	7,33
Proteína bruta	17,17	7,82	52,8	8,23
Extrato etéreo	36,72	4,33	1,68	2,35
Fibra em detergente neutro	30,35	15,06	14,04	62,38
Fibra em detergente ácido	19,99	3,67	7,71	27,05
PIDN ¹	1,63	1,02	0,75	1,03
PIDA ²	0,79	0,57	0,46	0,96
Lignina	14,34	0,49	0,68	4,09
Celulose	5,65	3,18	7,03	23,41
Hemicelulose	10,36	11,39	6,33	34,88
Carboidratos não fibrosos	12,44	71,09	25,4	19,71

Fonte: Construído a partir de dados dos ingredientes das dietas. ¹Proteína insolúvel em detergente neutro;

²Proteína insolúvel em detergente ácido

A composição bromatológica dos ingredientes (Tabela 1) foi feita para determinação dos teores de matéria seca, método 967.03 (AOAC, 1990); matéria mineral, método 942.05 (AOAC, 1990), proteína bruta, método 981.10 (AOAC, 1990) e extrato etéreo, método 920.29 (AOAC, 1990).

Para a determinação da fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido, utilizou-se metodologia de Van Soest et al. (1991). A correção foi efetuada descontando-se o teor de proteína insolúvel em detergente neutro. A lignina foi determinada conforme metodologia descrita por Silva e Queiroz (2002), a partir do tratamento do resíduo de fibra em detergente ácido com ácido sulfúrico a 72%.

Os carboidratos não fibrosos dos ingredientes foram calculados de acordo com Mertens (1997). O teor de proteína insolúvel em detergente neutro e proteína insolúvel em detergente ácido foram obtidos segundo recomendações de Licitra et al. (1996).

O concentrado foi composto de farelo de milho, farelo de soja, premix mineral e semente de linhaça nos níveis de 0, 5, 10 e 15 % (Tabela 2). Para ter acesso ao volumoso os

animais eram soltos no piquete com *Brachiaria decumbens*. Estima-se a proporção de 50:50 concentrado e volumoso respectivamente.

Tabela 2 – Proporção dos ingredientes e composição bromatológica do concentrado experimental

Ingredientes (% MS)	Níveis de inclusão de semente de linhaça no concentrado (%MS)			
	0	5	10	15
Semente de linhaça	0,00	5,00	10,00	15,00
Milho	34,00	31,37	28,75	26,10
Farelo de soja	14,00	11,63	9,25	6,90
Premix mineral ¹	1,50	1,50	1,50	1,50
Ureia ²	0,50	0,50	0,50	0,50
Composição Bromatológica (% MS)				
Matéria seca	91,23	91,35	91,48	91,60
Matéria mineral	5,85	5,81	5,77	5,73
Proteína bruta	22,91	21,72	20,51	19,33
Extrato etéreo	3,41	6,78	10,14	13,51
Fibra em detergente neutro	14,17	15,75	17,33	18,90
Fibra em detergente ácido	4,66	6,10	7,54	8,98
PIDN ³	0,94	1,00	1,06	1,13
PIDA ⁴	0,50	0,53	0,56	0,63
Lignina	0,21	1,90	3,28	4,65
Celulose	4,45	4,20	4,26	4,33
Hemicelulose	9,51	9,65	9,79	9,92
Carboidratos não fibrosos	53,65	49,94	46,25	42,53

Fonte: Construído a partir de dados dos ingredientes e composição bromatológica das dietas. ¹Níveis de garantia (por kg em elementos ativos): cálcio 120,00g; fósforo 87,00g; sódio 147,00g; enxofre 18,00g; cobre 590,00mg; cobalto 40,00mg; cromo 20,00mg; ferro 1.800,00mg; iodo 80,00mg; manganês 1.300,00mg; selênio 15,00mg; zinco 3.800,00mg; molibdênio 300,00mg; flúor máximo 870,00mg; Solubilidade do fósforo (P) em ácido cítrico a 2% mínimo - 95%. ²Mistura de ureia e sulfato de amônio na proporção de 9:1, ³Proteína insolúvel em detergente neutro, ⁴Proteína insolúvel em detergente ácido.

Para estimar o consumo a pasto foi realizado o pastejo simulado, além disso os animais ingeriram o indicador lignina purificada e enriquecida (LIPE[®]) por um período de adaptação de dois dias, seguindo de mais 05 dias de fornecimento de LIPE[®] e coleta de fezes. Foi feito um "pool" por animal, considerando as frações de fezes de cada animal em

05 dias de coleta. As amostras de fezes foram pré-secas em estufa de ventilação a 60 °C, moídas a peneira com malha de 1,0 mm e enviada para análise. Foram analisadas por espectrofotômetro de infravermelho. A concentração do LIPE[®] nas fezes foi determinada com base em uma curva do padrão LIPE[®].

Para obter a estimativa do consumo a pasto foi utilizada a fórmula abaixo.

Consumo de matéria seca de *Brachiaria decumbens* =

$$\frac{(\text{Excreção fecal} \times (\% \text{ FDNi nas fezes} - \% \text{ FDNi no concentrado}))}{\% \text{ FDNi de } Brachiaria \text{ decumbens}}$$

FDNi= Fibra em detergente neutro indigestível

Para determinação do perfil metabólico sanguíneo foi coletado amostras de sangue, a cada 20 dias, sempre pela manhã, com os animais em jejum, através da veia jugular, em tubos vacuolizados contendo anticoagulantes, (EDTA e fluoreto de sódio). Após a coleta, o sangue foi centrifugado a 2700 X g por 15 minutos em temperatura ambiente. Depois da obtenção do plasma sanguíneo as amostras foram congeladas a -20°C até a realização das análises. As concentrações plasmáticas de glicose, colesterol total, das lipoproteínas HDL, LDL, VLDL, triglicerídeos, ureia e creatinina foram determinadas por meio de calorimetria, em triplicatas, utilizando kits comerciais (Doles[®] Ltda, Goiânia, GO, Brasil), conforme especificações do fabricante.

O efeito das dietas sobre as variáveis em estudo foi avaliado via Análise de Variância. Quando o efeito de tratamento foi significativo na ANOVA, procedeu-se a realização da análise de regressão para avaliar os efeitos linear e quadrático. Neste caso, os critérios utilizados para escolha do melhor modelo foram: o nível de significância da análise de regressão, o coeficiente de determinação da análise de regressão, os valores do teste-t para os parâmetros da regressão e o gráfico de dispersão dos valores de cada variável em função dos níveis de adição da linhaça. As variáveis que apresentaram problemas de escala foram transformadas para a escala logarítmica na base 10. Em todas as análises estatísticas foi considerado o nível de significância de 5%.

Resultados e Discussão

A inclusão da semente de linhaça marrom na dieta de cabras Alpinas proporcionou redução linear no consumo de matéria seca ($P < 0,001$) (Tabela 3, Figura 1). Foi possível observar uma diferença de 53,49% entre os tratamentos 0 e 15%, no consumo de matéria seca, o que pode estar relacionado com o aumento do consumo de extrato etéreo, que funcionou como fator de regulação. Ocorre que a maior densidade energética da dieta 15% de linhaça é capaz de atender demanda energética dos animais com menor consumo de matéria seca.

A chegada de grandes quantidades de lipídeos no rúmen ($> 5\%$ do consumo total da matéria seca) pode reduzir marcadamente a digestibilidade da fibra e reduzir a ingestão da matéria seca em ruminantes (COPPOCK e WILKS, 1991). Além disso, pode alterar a motilidade intestinal, a palatabilidade das dietas, a liberação de hormônios intestinais e aumentar a produção de propionato, sendo que o consumo é determinado pela integração dos sinais nos centros da saciedade no cérebro (ALLEN, 2000). Quanto a palatabilidade, foi observado que as cabras alimentadas com a dieta de 15% de linhaça tiveram mais dificuldade de aceitar a dieta no período de adaptação do que as cabras de outros tratamentos. Contudo, não foi feito um estudo aprofundado do comportamento ingestivo das cabras e por isso não pode-se afirmar se houve diferença quanto a palatabilidade da dieta.

Tabela 3 - Médias de consumo diário de nutrientes em gramas (g) por cabras Alpinas submetidas a dietas com níveis de semente de linhaça marron

Dietas (%)	Consumo em g/dia					
	MS ¹	MO ²	PB ³	EE ⁴	FDN ⁵	CNF ⁶
0	2093,26	1949,70	260,76	56,43	1017,70	614,81
5	1616,77	1497,98	212,28	64,11	740,65	494,26
10	1200,82	1109,48	169,72	73,49	488,52	390,36
15	973,54	911,69	139,24	81,78	377,18	313,49
Média geral	1471,10	1367,21	195,50	68,78	656,01	453,23
CV ⁷	20,69	21,42	13,04	9,49	31,58	13,20
R ²	0,65	0,63	0,75	0,67	0,57	0,77
Pr>F ⁸	<0,001*	<0,001*	<0,001*	<0,001*	<0,001*	<0,001*

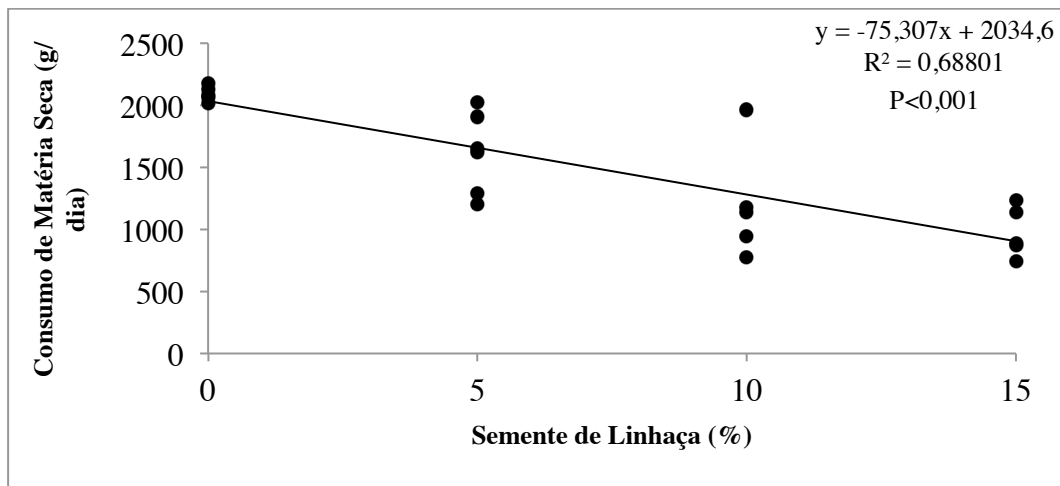
Fonte: Construído a partir dos dados de consumo das cabras Alpinas. ¹Matéria seca; ²Matéria orgânica; ³Proteína bruta; ⁴Extrato etéreo; ⁵Fibra em detergente neutro; ⁶Carboidratos não fibrosos; ⁷Coefficiente de variação (%), R² - Coeficiente de determinação da ANOVA; ⁸Probabilidade do teste F na ANOVA para o efeito das dietas; *Significativo a 1%

Os consumos de proteína bruta e fibra em detergente neutro (Tabela 3; Figura 3 e 4) apresentaram comportamento linear decrescente ($p < 0,001$). Provavelmente, isso foi uma consequência da redução no consumo de matéria seca, haja visto que estes são constituintes da mesma. O consumo de carboidratos não fibrosos, como era esperado, foi reduzido linearmente ($p < 0,001$) em virtude do aumento no consumo de extrato etéreo, componente este que assumiu proporcionalmente o suprimento dos requerimentos energéticos dos animais.

Para o consumo de extrato etéreo houve efeito linear crescente ($P < 0,001$) (Tabela 3; Figura 5), da semente de linhaça. Os teores de extrato etéreo nas dietas (Tabela 2) variam de 2,88 no grupo controle (0%) a 8,83 no grupo que recebeu 15% de semente na dieta e este valor ultrapassa o limite considerado máximo para dietas de ruminantes. Segundo Palmquist e Jenkins (1980), pode-se adicionar de 5 a 7% de extrato etéreo na matéria seca sem que ocorra depreciação no consumo da mesma. Portanto, acredita-se que o efeito depressor dos nutrientes é devido a ativação dos receptores da saciedade e diminuição da degradação ruminal da fibra (ALLEN, 2000).

Com base na equação de regressão (Figura 1), pode-se verificar que para cada 1% de semente de linhaça incluída na dieta há uma redução de 75,307 g/dia no consumo de matéria seca.

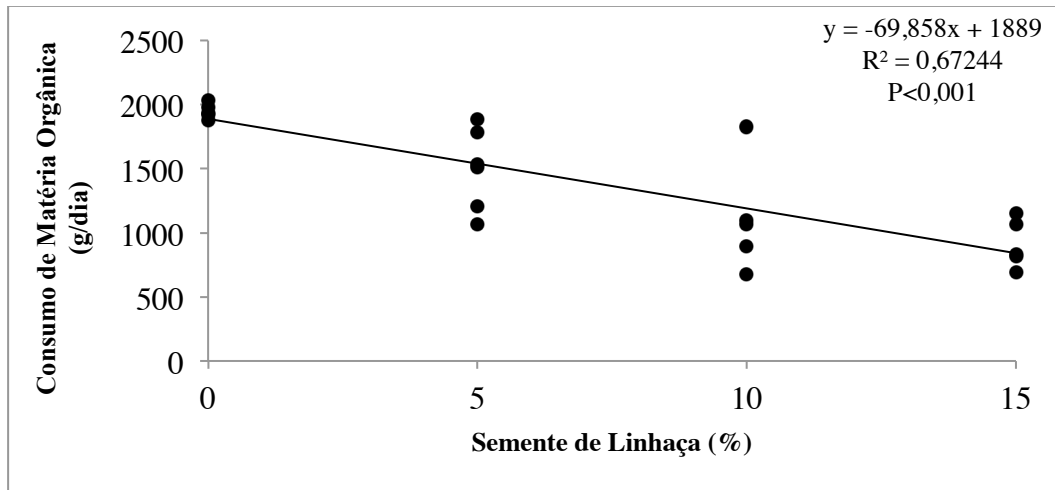
Figura 1 - Efeito linear das dietas sobre o consumo de matéria seca



Fonte: Construído a partir dos dados de consumo das cabras Alpinas

Com base na equação de regressão (Figura 2), pode-se verificar que para cada 1% de semente de linhaça incluída na dieta há uma redução de 69,85 g/dia no consumo de matéria orgânica.

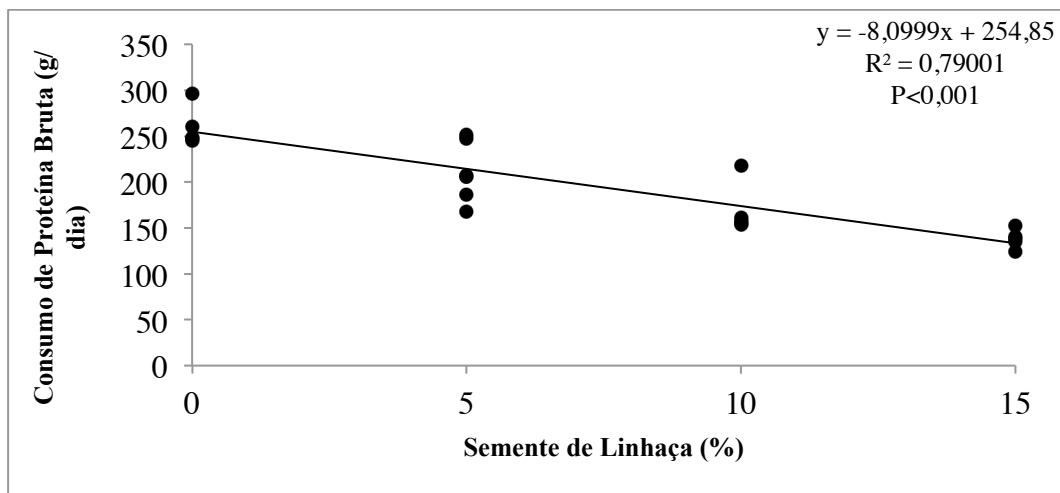
Figura 2 - Efeito linear das dietas sobre o consumo de matéria orgânica



Fonte: Construído a partir dos dados de consumo das cabras Alpinas

Com base na equação de regressão (Figura 3), pode-se verificar que para cada 1% de semente de linhaça incluída na dieta há uma redução de 8,01 g/dia no consumo de proteína bruta.

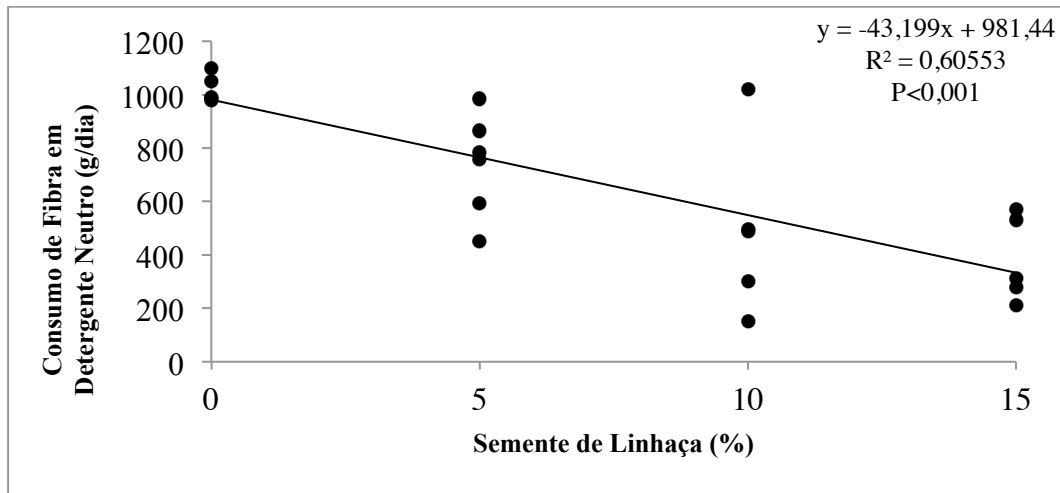
Figura 3 - Efeito linear das dietas sobre o consumo de proteína bruta



Fonte: Construído a partir dos dados de consumo das cabras Alpinas

Com base na equação de regressão (Figura 4), pode-se verificar que para cada 1% de semente de linhaça incluída na dieta há uma redução de 43,20 g/dia no consumo de fibra em detergente neutro.

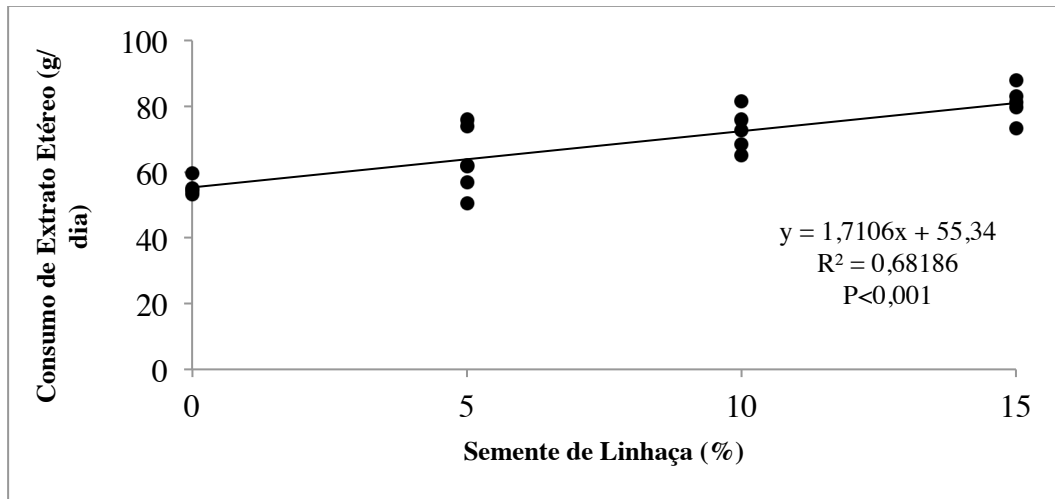
Figura 4 - Efeito linear das dietas sobre o consumo de fibra em detergente neutro



Fonte: Construído a partir dos dados de consumo das cabras Alpinas

Com base na equação de regressão (Figura 5), pode-se verificar que para cada 1% de semente de linhaça incluída na dieta há um aumento de 1,71 g/dia no consumo de extrato etéreo

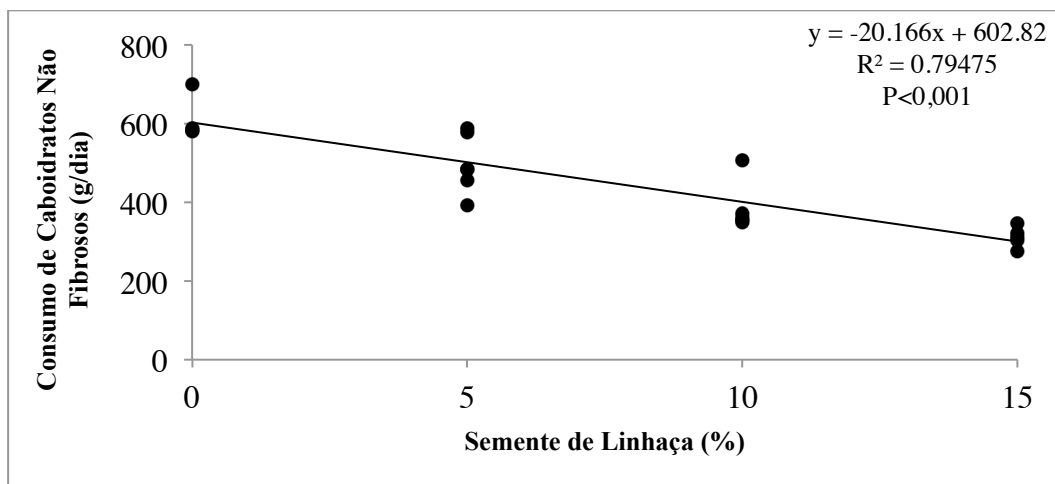
Figura 5 - Efeito linear das dietas sobre o consumo de extrato etéreo



Fonte: Construído a partir dos dados de consumo das cabras Alpinas

Com base na equação de regressão (Figura 6), pode-se verificar que para cada 1% de semente de linhaça incluída na dieta há uma redução de 43,20 g/dia no consumo de extrato etéreo carboidratos não fibrosos.

Figura 6 - Efeito linear das dietas sobre o consumo de carboidratos não fibrosos



Fonte: Construído a partir dos dados de consumo das cabras Alpinas

O acréscimo de linhaça na dieta das cabras Alpinas não alterou os pesos inicial e final ou o ganho médio diário (Tabela 4).

Tabela 4 - Médias de peso inicial, final e ganho de peso diário (Kg/dia) de cabras Alpinas suplementadas com níveis de semente de linhaça na dieta

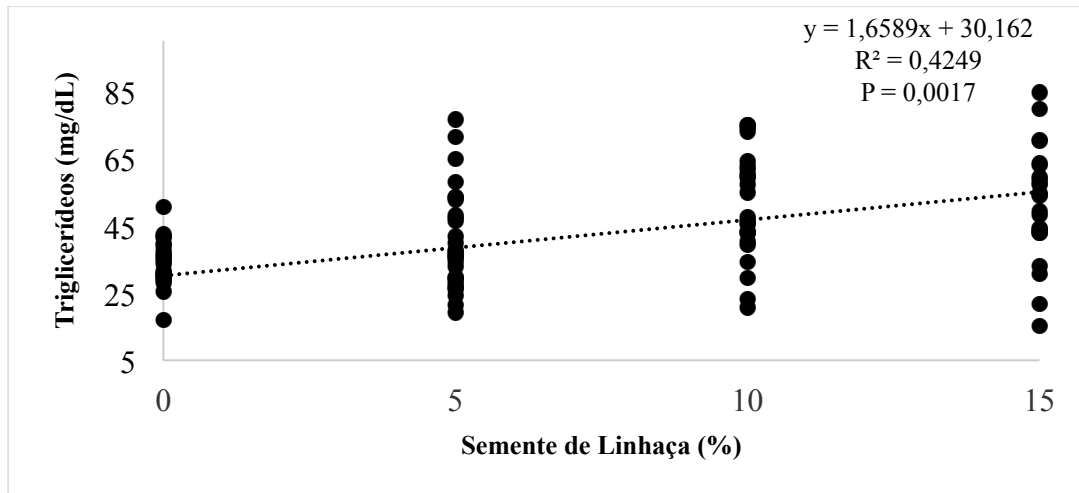
Dietas (%)	Parâmetros		
	Peso inicial (Kg)	Peso final (Kg)	Ganho de peso diário (g)
0	43,28	46,01	30,33
5	40,28	45,22	54,88
10	40,96	45,18	46,88
15	39,74	47,30	84,00
Média geral	41,06	45,92	54,02
CV ¹	20,53	3,91	36,87
R ²	0,029	0,951	0,351
Pr>F ³	0,912	0,234	0,234

Fonte: Construído a partir dos dados dos pesos cabras Alpinas. ¹Coeficiente de variação (%); R² - Coeficiente de determinação da ANOVA; ³Probabilidade do teste F na ANOVA para o efeito das dietas

Não houve efeito ($P>0,05$) da semente de linhaça sobre a glicose, sendo 69,9; 73,2; 70,3 e 72,8 mg/dL no plasma para os níveis de suplementação de linhaça de 0; 5; 10; 15%, respectivamente, permanecendo entre os valores normais para espécie caprina (50 a 75mg/dL), segundo Kaneko (1997). Esses resultados concordam com a revisão de autoria de Grummer e Carroll (1991), os quais citam que as concentrações de glicose no sangue geralmente não são alteradas sob condições de suplementação lipídica. O teor de glicose sanguíneo tem pouca variação em função dos mecanismos homeostáticos que são bastante eficientes no organismo, os quais envolvem o controle endócrino por parte da insulina e do glucagon (GONZÁLEZ e SCHELFFER, 2002).

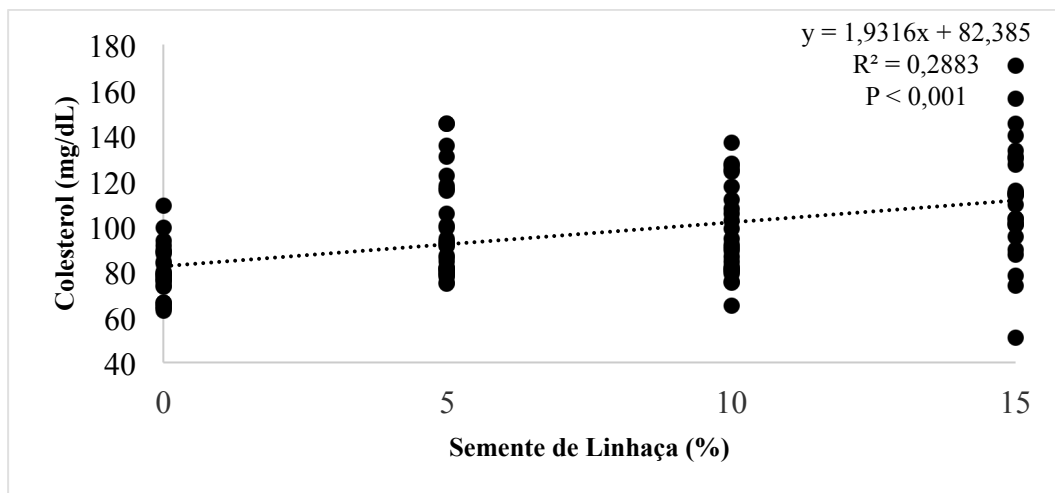
Para concentração plasmática de triglicerídeos, colesterol total, HDL, VLDL e LDL, houve comportamento linear crescente ($P<0,05$) com a inclusão de semente de linhaça na dieta de cabras (Figura 7, 8, 9, 10 e 11).

Figura 7 - Efeito dos níveis de semente de linhaça marrom na dieta sobre a concentração plasmática de triglicerídeos



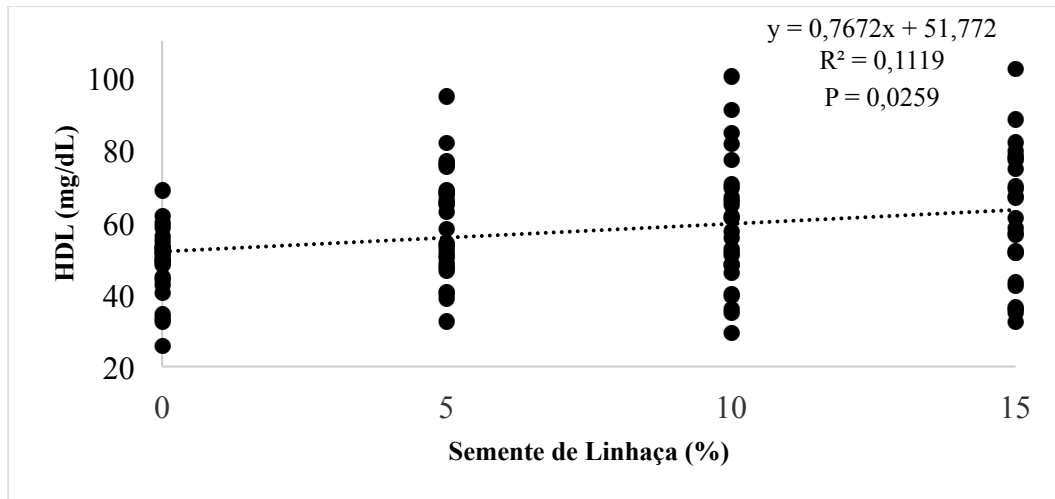
Fonte: Construído a partir dos dados de bioquímica sanguínea das cabras Alpinas

Figura 8 - Efeito dos níveis de semente de linhaça marrom na dieta sobre o colesterol total



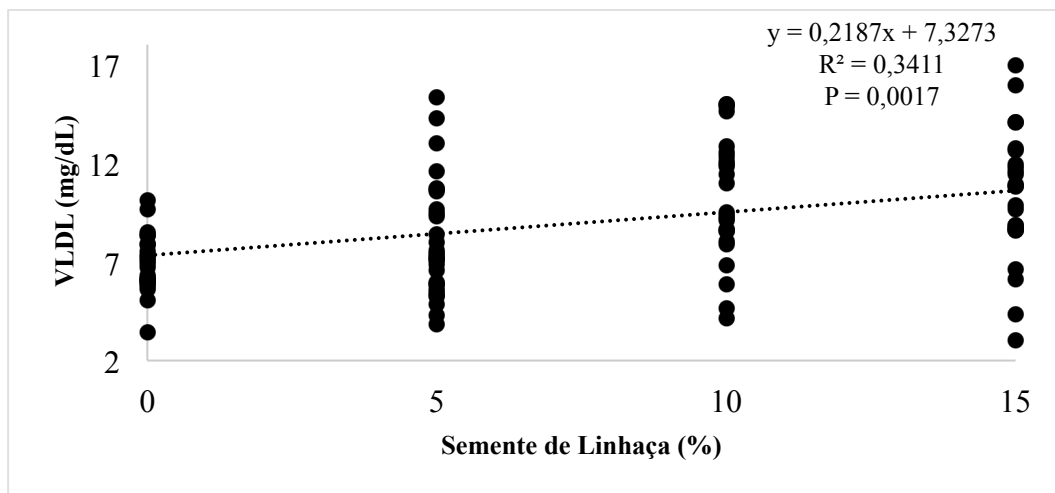
Fonte: Construído a partir dos dados de bioquímica sanguínea das cabras Alpinas

Figura 9 - Efeito dos níveis de semente de linhaça marrom na dieta sobre o HDL



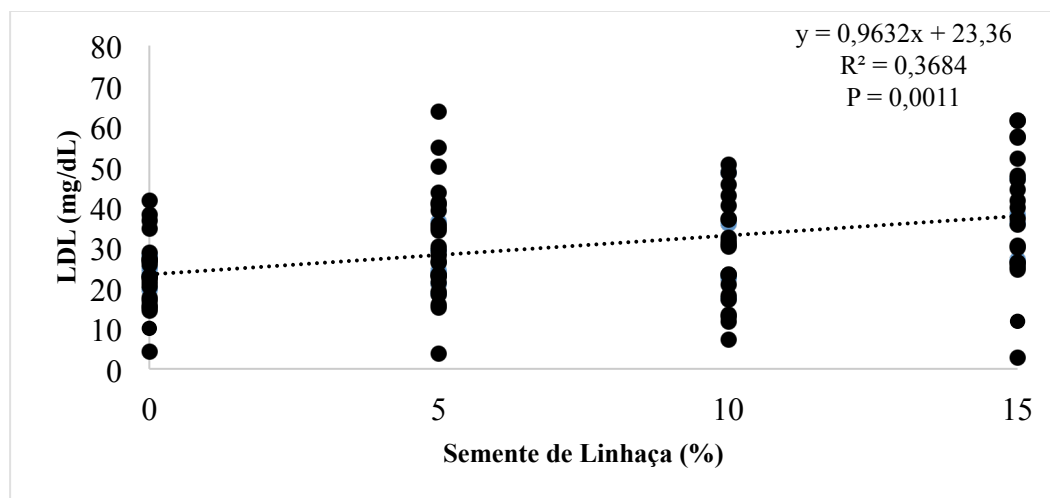
Fonte: Construído a partir dos dados de bioquímica sanguínea das cabras Alpinas

Figura 10 - Efeito dos níveis de semente de linhaça marrom na dieta sobre o VLDL



Fonte: Construído a partir dos dados de bioquímica sanguínea das cabras Alpinas

Figura 11 - Efeito dos níveis de semente de linhaça marrom na dieta sobre o LDL



Fonte: Construído a partir dos dados de bioquímica sanguínea das cabras Alpinas

As concentrações plasmáticas de triglicerídeos apresentaram comportamento linear crescente e as médias apresentam valores acima das referências para a espécie caprina (6 a 32mg/dL), segundo Kaneko (1997). Este resultado é desfavorável para a sanidade de mamíferos, pois a longo prazo pode levar a alterações cardiovasculares, dentre outros problemas.

A suplementação de cabras Alpinas com níveis de semente de linhaça marrom alterou os níveis de colesterol que circula no plasma ligado as lipoproteínas, o que é esperado devido à inclusão da semente oleaginosa suplementar na dieta. Os resultados obtidos de colesterol total apresentaram valores normais para a espécie caprina, de 80-130mg/dL (KANEKO, 1997). Nazir et al. (2013), ao suplementar búfalas com semente de linhaça por 60 dias também observaram aumento dos níveis de colesterol plasmáticos, porém sem ultrapassar os níveis normais de referência para da espécie. O aumento das concentrações dos componentes do lipidograma no plasma pode ser justificado em razão da ingestão da semente de linhaça que proporcionou aumento das lipoproteínas circulantes. Segundo Grummer e Carroll (1991) a suplementação lipídica em vacas leiteiras quase sempre aumenta o colesterol no plasma.

De acordo com Christensen et al. (1994) o metabolismo ruminal, a absorção intestinal, o transporte sistêmico, o metabolismo sistêmico, a secreção e a deposição de lipídeos no organismo são aspectos ligados ao metabolismo de lipídeos e podem influenciar os parâmetros sanguíneos em animais recebendo dietas lipídicas. No entanto, o aumento do perfil lipídico plasmático nas cabras suplementadas com semente de linhaça já é esperado de acordo com a literatura (PETIT et al, 2004; GONTHIER et al, 2005; AMBROSE et al, 2006; PONTER et al, 2006; ZACHUT et al, 2010).

Zhao et al. (2004) utilizaram dietas pobre em gordura saturada e colesterol, e rica de série (n-3) ou (n-6) em humanos e observaram uma diminuição significativa nos níveis de lipídeos e lipoproteínas no soro. Além disso, a dieta rica em ácido α -linolênico diminuiu a concentração de HDL. Cunnane et al. (1993), também estudando humanos, observaram que a ingestão de semente de linhaça diminuiu LDL em 18% após quatro semanas de consumo, mas, HDL e triglicerídeos permaneceram inalterados.

Tabela 5 - Médias das concentrações plasmáticas de creatinina e ureia de cabras Alpinas suplementadas com níveis de semente de linhaça na dieta

Dietas (%)	Metabólitos (mg/dL)	
	Creatinina	Ureia
0	1,07	30,20
5	1,02	31,83
10	1,08	29,47
15	1,21	31,06
Média geral	1,09	30,64
CV ¹	22,85	21,28
R ²	0,44	0,80
Pr>F ³	0,089	0,660

Fonte: Construído a partir dos dados de bioquímica sanguínea das cabras Alpinas. ¹Coeficiente de variação (%); R² - Coeficiente de determinação da ANOVA; ³Probabilidade do teste F na ANOVA para o efeito das dietas.

As concentrações plasmáticas de ureia e creatinina não diferiram ($P>0,05$) entre os grupos (Tabela 5), mantendo os níveis séricos encontrados dentro do padrão para espécie de 21,4 a 42,8 mg/dL e 1 a 1,8 mg/dL, respectivamente (KANEKO, 1997). Portanto, a dieta a

base de semente de linhaça não é nefrotóxica e o presente estudo revela não haver impacto adverso da suplementação em cabras Alpinas quanto a função renal. Geralmente, alterações na concentração de ureia estão correlacionadas com o conteúdo de amônia ruminal cuja utilização depende da atividade metabólica dos microrganismos ruminais que transformam o nitrogênio da amônia em proteína bacteriana. Uma vez que a concentração de ureia sanguínea está diretamente relacionada com o teor de proteína da dieta, estes resultados indicam que não houve problemas com os níveis de proteína da dieta, assim não trouxe danos para a saúde dos animais.

Conclusões

Pode-se incluir até 15% de semente de linhaça para a suplementação de cabras Alpinas por atender a demanda energética das mesmas devido ao aumento do consumo de extrato etéreo, porém com diminuição do consumo de matéria seca, sem alterar o ganho de peso. Alterações no perfil lipídico dentro dos níveis de referência para a espécie caprina, exceto triglicerídeos. Além disso, fica provado aqui que a suplementação por 90 dias não causa problemas renais.

Referências Bibliográficas

ALLEN, M. S. Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 83, p. 1598-1624, 2000.

AMBROSE, D. J.; KASTELIC, J.;P.; CORBETT, R.; PITNEY, P. A.; PETIT, H. V.; SMALL, J. A.; ZALKOVIC, P. Lower pregnancy losses in lacting dairy cows fed a diet enriched in α -linolenic acid. **Journal of Dairy Science**, v. 89, p. 3066-3074, 2006.

ANDERSON, BM.; MA, DWL. Are all n-3 polynsaturated fatty acids created equal? **Lipids in health and diseases**, v. 8, p. 33, 2009.

AOAC - **ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS** . Official methods of analysis. 15.ed. Washington, 1990.

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**, v. 69, p. 3826–3837. 1991.

CHRISTENSEN, R. A.; CAMERON, M. R.; CLARK, J. H.; DRACKLEY J. K.; LYNCH, J. M.; BARBANO, D. M. Effects of amount of protein and ruminally protected amino acids in the diet of dairy cows fed supplemental fat. **Journal of Dairy Science**. v. 77, p. 1618–1629, 1994.

CUNNANE, S. C.; GANGULI, S.; MENARD, C.; LIEDE. L. C.; HAMADEH, M. J.; CHEN, Z.; WOLEVER, T. M. S.; JENKINS, D. J. A. High α -linolenic acid flaxseed (*Linum usitatissimum*): some nutritional properties in humans. **British Journal of Nutrition**, v. 69, p. 443-453, 1993.

GONZÁLEZ, F. H. D.; SCHEFFER, J. F. S. Perfil sanguíneo: ferramenta de análise clínica, metabólica e nutricional. In: Avaliação metabólico-nutricional de vacas leiteiras por meio de fluidos corporais. **29º Congresso Brasileiro de Medicina Veterinária**. Gramado, Brasil. 2002.

GONTHIER, C.; MUSTAFA, A. F.; OUELLET, D. R.; CHOUINARD, P. Y.; BERTHIAUME, R.; PETIT, H. V. Feeding micronized and extruded flaxseed to dairy cattle: effect on blood parameters and milk fatty acid composition. **Journal of Dairy Science**, v. 88, p. 748–756, 2005.

GRUMMER, R. R.; CARROLL, D. J. Effects of dietary fat on metabolic disorders and reproductive performance of dairy cattle. **Journal of Animal Science**, p. 69, p. 3838–3852, 1991.

KANEKO, J.J.; HARVEY, J.W.; BRUSS, M.L. Clinical biochemistry of domestic animals. 5.ed. San Diego: **Academic Press**, 932p, 1997.

KIM, B.K.; NAM, Y. A.; KIM, H. S.; HAYES, A. W.; LEE, B. M. α -Linolenic acid: Nutraceutical, pharmacological and toxicological evaluation. **Food and Chemical Toxicology**, v. 70, p. 163-178, 2014.

LICITRA, G., HERNANDEZ, T.M., VAN SOEST, P.J. Standartization of procedures for nitrogen fractionation of ruminants feeds. **Animal Feed Science and Technology**, v. 57, p. 347-358, 1996.

MERTENS, D. R. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 80, p. 1463-1481, 1997.

NAZIR, G.; GHUMAN, S. P. S.; SINGH, J.; HONPARKHE, M.; AHUJA, C. S.; DHALIWAL, G. S.; SANGHA, M. K.; SAIJPAUL, S.; AGARWAL, S. K. Improvement of conception rate in postpartum flaxseed supplemented buffalo with Ovsynch + CIDR protocol. **Animal reproduction Science**, v. 137, p. 15-22, 2013.

NRC, **National Research Council**. Nutrient requirements of goats. National Academy Press, Washington DC, USA. 1981

PALMQUIST, D. L.; JENKINS, T. C. Fat in lactation rations: review. **Journal of Dairy Science**, v. 63, p. 1-14, 1980.

PETIT, H. V.; GERMIQUET, C.; LEBEL, D. Effect of feeding whole, unprocessed sunflower seeds and flaxseed on milk production, milk composition and prostaglandin secretion in dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 87, p. 3889–3898, 2004.

PETZINGER, C.; HEATLEY, J. J.; BAILEY, C. A.; BAUER, J. E. Lipid metabolic dose response to dietary alpha-linolenic acid in monk parrot (*Myiopsita monachus*). **Lipids**, v. 49, p. 235-245, 2014.

PONTER, A. A.; PARSY, A. E.; SAADÉ, M.; JEAN-PAUL MIALOT, J. P.; FICHEUX, C.; DUVAUX-PONTER, C.; GRIMARD, B. Effect of a supplement rich in linolenic acid added to the diet of post partum dairy cows on ovarian follicle growth, and milk and plasma fatty acid compositions. **Reproduction Nutrition Development**, v. 46, p. 9–29. 2006.

RAJARAM, S. Health benefits of plant-derived α -linolenic acid. **The American Journal of Clinical Nutrition**, p. 01-06, 2014.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de Alimentos: métodos químicos e biológicos**. Vicoso-MG: UFV, 2002. 235p.

SOUZA, N. E.; MATSUSHITA, M.; VISENTAINER, J. V. Ácidos graxos: Estrutura, classificação, nutrição e saúde. **Arquivos da Apadec**, v. 2, p. 102-107, 1998.

TVRZICKA, E.; KREMMYDA, L.; STANKOVA, B.; ZAK, A.; TVRZICKA, E.; KREMMYDA, L.; STANKOVA, B.; ZAK, A.; TVRZICKA, E.; KREMMYDA, L.; STANKOVA, B.; ZAK, A. Fatty acids as biocompounds: their role in human metabolism, health and disease – a review. Part 1: classification, dietary sources and biological functions. **Biomedical Papers**, v. 155, p. 117–130. 2011.

VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B. A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v. 74, p. 3583-3597, 1991.

WONG, H.; CHACHAL, N.; MANLHIOT, C.; NIEDRA, E.; McCRINDLE, B. W. Flaxseed in pediatric hyperlipidemia a placebo-controlled, blinded, randomized clinical trial of dietary flaxseed supplementation for children and adolescents with hypercholesterolemia. **The Journal of the American Medical Association Pediatrics**, v. 67, p. 708-713. 2013.

ZACHUT, M.; DEKEL, I.; LEHRER, H.; ARIELI, A.; LIVSHITZ, L.; YAKOBY, S.; MOALLEM, U. Effects of dietary fats differing in n-6:n-3 ratio fed to high-yielding dairy cows on fatty acid composition of ovarian compartments, follicular status, and oocyte quality. **Journal of Dairy Science**, v. 93, p. 529-545. 2010.

ZHAO, G.; ETHERTON, T. D.; MARTIN, R. K.; WEST, S. G.; GILLIES, P. J.; KRIS-ETHERTON, P. M. Dietary α -linolenic acid reduces inflammatory and lipid cardiovascular risk factors in hypercholesterolemic men and women. **Human Nutrition and Metabolism**, p. 2991-2997. 2004.