



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAIBA**  
**CENTRO DE TECNOLOGIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E**  
**TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**

**ERTHA JANINE LACERDA DE MEDEIROS**

**UTILIZAÇÃO DE ÓLEOS VEGETAIS NA ALIMENTAÇÃO**  
**DE CABRAS LEITEIRAS E SEU EFEITO NA QUALIDADE**  
**DO QUEIJO “TIPO COALHO”**

**JOÃO PESSOA - PB**

**2012**

**ERTHA JANINE LACERDA DE MEDEIROS**

**UTILIZAÇÃO DE ÓLEOS VEGETAIS NA ALIMENTAÇÃO  
DE CABRAS LEITEIRAS E SEU EFEITO NA QUALIDADE  
DO QUEIJO “TIPO COALHO”**

**JOÃO PESSOA - PB**

**2012**

Ertha Janine Lacerda de Medeiros

UTILIZAÇÃO DE ÓLEOS VEGETAIS NA ALIMENTAÇÃO DE  
CABRAS LEITEIRAS E SEU EFEITO NA QUALIDADE DO  
QUEIJO “TIPO COALHO”

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Centro de Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba, em cumprimento aos requisitos para obtenção do título de Doutora em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dra. Marta Suely Madruga

João Pessoa - PB

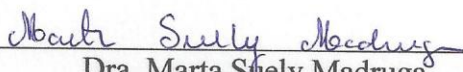
2012

Ertha Janine Lacerda de Medeiros

UTILIZAÇÃO DE ÓLEOS VEGETAIS NA ALIMENTAÇÃO DE CABRAS LEITEIRAS E  
SEU EFEITO NA QUALIDADE DO QUEIJO "TIPO COALHO"

Tese Aprovada em 20 / 11 / 2012.

BANCA EXAMINADORA



Dra. Marta Shely Madruga

Presidente

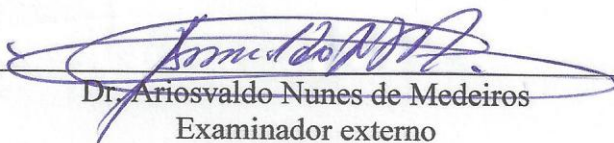
Departamento de Engenharia de Alimentos/UFPB/João Pessoa-PB



Dra. Emiko Shinozaki Mendes

Examinador externo

Departamento de Medicina Veterinária/UFRPE/Recife-PE



Dr. Ariosvaldo Nunes de Medeiros

Examinador externo

Departamento de Zootecnia/UFPB/Areia-PB



Dra. Rita de Cássia Ramos do Egypto Queiroga

Examinador interno

Departamento de Nutrição/UFPB/João Pessoa-PB



Dr. Edvaldo Mesquita Beltrão Filho

Examinador interno

Departamento de Gestão e Tecnologia Agroalimentar/UFPB/Bananeiras-PB

Aos meus pais, Maria José e Edmon,  
pelas lições de vida transmitidas em sutis atitudes,  
que estarão presentes durante toda a minha vida.

Aos meus irmãos, Jan, Segundo e Jansen,  
pela amizade, união e respeito.

Aos meus sobrinhos, Maria Clara e Samuel,  
as razões da maior alegria e amor nesta família.

Com carinho

**DEDICO**

## **AGRADECIMENTOS**

Foram muitos os que me ajudaram a concluir este trabalho.

Meus sinceros agradecimentos...

A Deus, presença constante em minha vida.

A minha família, pelo apoio sempre, confiança e educação, a quem dedico todas as minhas conquistas.

A minha querida orientadora Marta Suely Madruga, pela paciência, pelas doutrinas que levarei por onde passar, pelos esforços e dedicação na realização deste trabalho.

A minha querida “também” orientadora Rita de Cássia R. E. Queiroga, pelas orientações, amizade, pelo aprendizado e paciência em sempre estar disponível a ajudar.

Aos membros da banca de qualificação e defesa, pelas preciosas orientações na elaboração final deste trabalho.

As colegas Darklê Luiza e Mayara Sabedot, pelo companheirismo e por dividirem comigo esta pesquisa.

Aos amigos Maria Elieidy, Ana Sancha, Angela Cordeiro, Suênia Samara e Bruno Meireles, pela disponibilidade e ajuda fundamental na realização do trabalho prático.

As amigas Mércia Galvão e Ítala Viviane, pelo apoio, amizade e ensinamentos na minha caminhada pela área de Ciência dos Alimentos.

Aos participantes da análise sensorial pela disponibilidade e preciosa ajuda.

Aos colegas do LAQA (Laboratório de Química de Alimentos), pelo acolhimento, disposição para o trabalho e espírito de equipe, que desde quando cheguei ao programa muitos já foram, mas o fortalecimento deste grupo continua o mesmo.

Aos colegas do Laboratório de Nutrição, sempre dispostos a ajudar, aprender e ensinar.

Aos colegas de turma (ano 2009), tanto do doutorado como do mestrado, pela amizade, aprendizado e alegrias durante esta etapa das nossas vidas.

Ao Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, pelo suporte e a chance de realizar este estudo, em especial aos professores e funcionários pelos ensinamentos.

Ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) e ao MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento), pelo apoio financeiro.

A Universidade Federal da Paraíba, pela formação e oportunidades ao longo da minha vida acadêmica.

*Aos laboratórios:*

A Unidade de Pesquisa em Pequenos Ruminantes no Setor de Caprinocultura do Centro de Ciências Agrárias – UFPB, Areia/PB, na pessoa do Prof. Ariosvaldo Nunes de Medeiros, onde o experimento com o manejo dos animais foi conduzido.

Ao Laboratório de Bromatologia do Departamento de Nutrição – UFPB, João Pessoa/PB, na pessoa da Profa. Rita de Cássia R. do Egypto Queiroga, onde foram realizadas as análises físico-químicas e sensoriais dos queijos.

Ao LACOM (Laboratório de Combustíveis e Materiais) do Departamento de Química – UFPB, João Pessoa/PB, na pessoa do Prof. Antônio Gouveia de Souza, onde foram realizadas as análises térmicas dos óleos vegetais.

Aos Laboratórios de Química de Alimentos, de Ácidos Graxos e de Microbiologia – PPGCTA/UFPB, João Pessoa/PB, na pessoa da Coordenadora Marta Suely Madruga.

Muito obrigada!

## RESUMO

As razões para suplementar pequenos ruminantes com lipídios têm se tornado uma estratégia interessante à exploração desses animais em regiões semiáridas, frequentemente, sujeitas à alternância de escassez de alimentos, além de contribuir para a melhoria do perfil lipídico do leite que está diretamente relacionado às características nutricionais e sensoriais de produtos lácteos. Com este estudo pretende-se avaliar o efeito da suplementação da dieta de cabras leiteiras pela adição dos óleos vegetais de faveleira, gergelim e mamona, e sua influência na qualidade físico-química e nas características sensoriais do queijo “tipo coalho”. Foram elaborados queijos com leite de cabras mestiças Sannen x Alpina Francesa, alimentadas com dietas enriquecidas com 4% de óleos vegetais (faveleira, gergelim e mamona) e um controle, sem adição de óleo. Os ensaios com as dietas experimentais tiveram duração de 76 dias e consistiu de um Quadrado Latino (4x4), composto de oito animais, distribuídos aleatoriamente em quatro tratamentos e quatro períodos. Nos óleos de faveleira, gergelim e mamona foram realizados testes termogravimétricos, de oxidação e o perfil de ácidos graxos. Os queijos de leite de cabra “tipo coalho” elaborados, foram submetidos a ensaios microbiológicos, físico-químicos e sensoriais. Verificou-se que o óleo de mamona apresenta maior estabilidade à oxidação, enquanto que os óleos de faveleira e gergelim detém melhor perfil de ácidos graxos poli-insaturados. A inclusão destes óleos vegetais não imprime efeito ( $P \geq 0,05$ ) sobre as características físico-químicas e sensoriais dos queijos. No entanto, a suplementação com óleos de faveleira e gergelim afeta positivamente o perfil de ácidos graxos com redução nos percentuais dos saturados – C12:0, C14:0 e C16:0 e promoveu melhoria dos percentuais de ácidos graxos de cadeia longa (C16:0-C24:0), dos insaturados – C18:1n9cis e C18:2n6cis, destacando-se os ácidos graxos desejáveis, e incremento expressivo do CLA (isômero *cis*9, *trans*11). A manipulação da dieta de cabras com óleos de faveleira e gergelim apresentou-se como uma alternativa para melhorar as características nutricionais da gordura do queijo “tipo coalho”.

**Palavras-chave:** ácidos graxos, derivados lácteos, dieta, nutrição, suplementação lipídica.

## ABSTRACT

The reasons to supplement small ruminants with lipids turned out to be an interesting strategy to exploit these animals in semiarid regions – frequently affected by food shortage alternation – and furthermore, it contributes to the improvement of the milk's lipid profile that is directly related to the nutritional characteristics and sensory properties of dairy products. This study aims to evaluate the effect of supplementation the diet of dairy goats by adding “faveleira” vegetable oils, sesame and castor oil, and its influence on “coalho type” cheese's physicochemical quality and its sensory characteristics. Cheeses were produced with milk from crossbred Sannen x Alpina Francesa fed with 4% vegetable oil (“faveleira”, sesame and castor) enriched diets and a control, without oil added. The diets' experimental tests lasted 76 days and were consisted of a Latin square (4x4), composed by eight animals, randomly divided into four treatments and four periods. In “faveleira”, sesame and castor oils, thermogravimetric, oxidation and fatty acid profile tests were performed. The goat “coalho type” cheeses were submitted to microbiological, physicochemical and sensory testing. It was found that the castor oil has a higher stability against oxidation, while faveleira and sesame oils have better profiles of polyunsaturated fatty acids. The inclusion of these vegetable oils doesn't imprint effect ( $P \geq 0.05$ ) on the cheeses' physicochemical and sensory characteristics. However, supplementation with “faveleira” and sesame oils affects positively the fatty acids profile with a reduction in the saturated percentage – C12:0, C14:0 and C16:0 and it improves the long chain fatty acids percentage (C16:0-C24:0), unsaturated – C18:1n9*cis* and C18:2n6*cis*, highlighting the desirable fatty acids, and significant increases CLA (isomer *cis*9, *trans*11). The manipulation of the goats' diets with “faveleira” and sesame oils presented itself as an alternative for improving nutritional characteristics of the “coalho type” cheese fat.

**Keywords:** fatty acids, dairy products, diet, nutrition, lipid supplement.

## LISTA DE TABELAS

### MATERIAL E MÉTODOS

|                 |                                                                |    |
|-----------------|----------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tabela 1</b> | Composição percentual e química das rações experimentais ..... | 33 |
|-----------------|----------------------------------------------------------------|----|

### ARTIGO 1

|                |                                                                |    |
|----------------|----------------------------------------------------------------|----|
| <b>Table 1</b> | Physicochemical data of vegetable oils .....                   | 60 |
| <b>Table 2</b> | Fatty acid profile of vegetable oils .....                     | 61 |
| <b>Table 3</b> | Values obtained from the TG/DTA curves of vegetable oils ..... | 62 |

### ARTIGO 2

|                |                                                                                                                                       |    |
|----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Table 1</b> | Mean and standard error of the physicochemical parameters, texture and colour of cheese from goats fed different vegetable oils ..... | 84 |
| <b>Table 2</b> | Mean and standard error of quantitative descriptive analysis (QDA) of cheese from goats fed different vegetable oils .....            | 85 |

### ARTIGO 3

|                 |                                                                                                                                                                                                |     |
|-----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Tabela 1</b> | Composição percentual e química das rações experimentais .....                                                                                                                                 | 104 |
| <b>Tabela 2</b> | Médias e erros padrão do perfil de ácidos graxos (% área) de queijo de leite de cabras alimentadas com diferentes óleos vegetais .....                                                         | 105 |
| <b>Tabela 3</b> | Média das relações entre os ácidos graxos saturados (AGS), monoinsaturados (AGM), poli-insaturados (AGPI) e CLA dos queijos de leite de cabras alimentadas com diferentes óleos vegetais ..... | 106 |

## LISTA DE FIGURAS

### REFERENCIAL TEÓRICO / MATERIAL E MÉTODOS

|                 |                                                                                                      |    |
|-----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figura 1</b> | Principais vias dos ácidos graxos <i>trans</i> do leite e síntese do ácido linoleico conjugado ..... | 20 |
| <b>Figura 2</b> | Protocolo de produção do queijo de leite de cabra “tipo coalho” .....                                | 35 |

### ARTIGO 1

|                 |                                                                                                   |    |
|-----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figure 1</b> | Thermogravimetric curves (TG/DTG) of sesame, faveleira, castor, and babassu oils .....            | 61 |
| <b>Figure 2</b> | Differential thermal analysis (DTA) curves of castor, babassu, sesame, and faveleira oils .....   | 62 |
| <b>Figure 3</b> | PDSC non-isothermal curves of: a) babassu and castor oils; and b) faveleira and sesame oils ..... | 62 |

### ARTIGO 2

|                 |                                                                                      |    |
|-----------------|--------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figure 1</b> | Principal component analysis of cheese from goats fed different vegetable oils ..... | 86 |
|-----------------|--------------------------------------------------------------------------------------|----|

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

|       |                                                    |
|-------|----------------------------------------------------|
| ACP   | Análise de Componentes Principais                  |
| ADQ   | Análise Descritiva Quantitativa                    |
| AGCC  | Ácidos Graxos de Cadeia Curta                      |
| AGCM  | Ácidos Graxos de Cadeia Média                      |
| AGCL  | Ácidos Graxos de Cadeia Longa                      |
| AGD   | Ácidos Graxos Desejáveis                           |
| AGM   | Ácidos Graxos Monoinsaturados                      |
| AGPI  | Ácidos Graxos Poliinsaturados                      |
| AGS   | Ácidos Graxos Saturados                            |
| CLA   | Ácido Linoléico Conjugado                          |
| CONEP | Comissão Nacional de Ética em Pesquisa             |
| DIC   | Delineamento Inteiramente Casualizado              |
| IA    | Índice de Aterogenicidade                          |
| PDSC  | Calorimetria Exploratória Diferencial Pressurizada |
| rpm   | Rotações por minuto                                |
| TG    | Termogravimetria                                   |
| TPA   | Análise do Perfil de Textura                       |
| UFPB  | Universidade Federal da Paraíba                    |

## SUMÁRIO

|                                                                                           |           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1 INTRODUÇÃO .....</b>                                                                 | <b>14</b> |
| <b>2 REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>                                                        | <b>16</b> |
| 2.1 Caprinocultura e o leite caprino .....                                                | 16        |
| 2.2 A influência da dieta e o metabolismo lipídico nos ruminantes .....                   | 18        |
| 2.3 Óleos vegetais presentes no semiárido nordestino .....                                | 22        |
| 2.4 Queijo .....                                                                          | 25        |
| 2.4.1 Origem .....                                                                        | 25        |
| 2.4.2 Aspectos de qualidade na tecnologia do queijo .....                                 | 27        |
| 2.4.3 Efeitos da alimentação animal nas propriedades do queijo .....                      | 29        |
| <b>3 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>                                                         | <b>32</b> |
| 3.1 Material .....                                                                        | 32        |
| 3.1.1 Ensaio experimental, animais e dietas .....                                         | 32        |
| 3.1.2 Amostragem e elaboração do queijo de leite de cabra “tipo coalho” .....             | 33        |
| 3.2 Métodos .....                                                                         | 36        |
| 3.2.1 Óleos vegetais .....                                                                | 36        |
| 3.2.1.1. <i>Caracterização físico-química dos óleos vegetais</i> .....                    | 36        |
| 3.2.1.2. <i>Análise do perfil de ácidos graxos dos óleos vegetais</i> .....               | 37        |
| 3.2.1.3. <i>Análise térmica dos óleos vegetais</i> .....                                  | 37        |
| 3.2.2 Queijos .....                                                                       | 38        |
| 3.2.2.1. <i>Análises da qualidade microbiológica dos queijos</i> .....                    | 38        |
| 3.2.2.2. <i>Análises da qualidade físico-química dos queijos</i> .....                    | 38        |
| 3.2.2.3. <i>Análise do perfil de ácidos graxos dos queijos</i> .....                      | 39        |
| 3.2.2.4. <i>Análises da qualidade física dos queijos</i> .....                            | 39        |
| 3.2.2.5. <i>Análise sensorial dos queijos</i> .....                                       | 40        |
| 3.2.2.6. <i>Análise estatística</i> .....                                                 | 41        |
| <b>4 REFERÊNCIAS .....</b>                                                                | <b>43</b> |
| <b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>                                                     | <b>56</b> |
| ARTIGO 1 – “Thermal and quality evaluation of vegetable oils used in ruminant feed” ..... | 57        |

|                                                                                                                                                               |            |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| ARTIGO 2 – “Sensory profile and physicochemical parameters of cheese from dairy goats fed vegetable oils in the Brazilian semiarid” .....                     | 65         |
| ARTIGO 3 – Perfil de ácidos graxos do queijo de cabras leiteiras alimentadas com dietas enriquecidas com óleos vegetais de mamona, gegerlim e faveleira ..... | 87         |
| <b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>                                                                                                                           | <b>107</b> |
| <b>APÊNDICES .....</b>                                                                                                                                        | <b>108</b> |
| <b>ANEXOS .....</b>                                                                                                                                           | <b>114</b> |

## 1. INTRODUÇÃO

Os produtos lácteos constituem uma importante fonte alimentar por suas características nutricionais e potencial funcional. Esta propriedade é reforçada com agregação de valor a partir da elaboração de diversos derivados, como queijos, doces, iogurtes e muitos outros produtos. Dos produtos elaborados a partir do leite de cabra, o queijo é o de maior interesse econômico e tecnológico, destacando-se que na Europa a maior parte do leite caprino é transformada em queijo, no entanto a cultura do consumo de produtos lácteos caprinos no Brasil ainda é pequena, de modo que há cerca de 30 anos só se encontravam queijos de cabra importados.

A caprinocultura no Brasil é uma atividade realizada majoritariamente por pequenos produtores, pois 68% do rebanho são criados em propriedades com até 100 hectares. Por outro lado, a criação de caprinos está fortemente concentrada na região Nordeste, que corresponde a 91% do rebanho nacional. Quanto à produção, sabe-se que 67% do leite de cabra são produzidos por agricultores familiares, sendo que no Nordeste essa taxa chega a 73% do total (IBGE, 2010).

As características do leite dependem de fatores de produção como manejo animal, alimentação, fisiologia e genética, os quais desempenham papel na qualidade dos produtos lácteos. Dentre estas, a alimentação se sobressai por seu efeito nos componentes lipídicos, em particular o perfil de ácidos graxos (SANZ SAMPELAYO et al., 2007). A dieta oferecida aos caprinos pode alterar a composição e o *flavour* do leite, e por isso é importante conhecer de que forma os diferentes tipos de alimentos promovem mudanças biológicas nos mecanismos de síntese do leite, e suas consequências nos constituintes químicos do leite e seus derivados (RIBEIRO et al., 2011).

A suplementação lipídica com ênfase na utilização de óleos vegetais cultivados no semiárido apresenta-se como contribuição na busca de alternativas para a caprinocultura, aumentando o aporte energético das dietas e o enriquecimento nutricional do leite e seus derivados. Em pesquisas são descritas uma escala de óleos vegetais que contêm ácidos linoléico e linolênico mostrando eficiência em aumentar a concentração de ácidos graxos insaturados da gordura do leite (FERNANDES et al., 2008; BERNARD et al., 2009; PEREIRA et al., 2010). Entre as fontes de lipídios produzidas no semiárido, os óleos de faveleira (*Cnidoscolus quercifolius* ou *phyllacanthus*), gergelim (*Sesamum indicum* L.) e mamona (*Ricinus communis* L.) têm recebido atenção por suas amplas aplicabilidades e

elevados teores de ácidos graxos insaturados, no entanto, os efeitos no desempenho como suplementação na dieta animal e as alterações nas características do produto ainda são desconhecidas.

Alguns estudos têm enfatizado os efeitos da alimentação de ruminantes na qualidade do queijo, explorando o perfil de ácidos graxos de diferentes tipos de queijo caprino, com diferentes regiões (LUNA et al., 2007), raças (PRANDINI et al., 2011), períodos de lactação (RIBEIRO et al., 2011) e tempo de maturação, que pode aumentar em mais de 10% o teor total de CLA (BUCCIONI et al., 2010). As mudanças observadas no teor de *cis*9, *trans*11CLA relatadas por Santos et al. (2012) que estudaram o queijo Coalho caprino naturalmente enriquecido com CLA através da suplementação da dieta das cabras com óleo de soja, observaram percentuais três vezes maiores que o queijo controle. Paralelamente, Lobato-Calleros et al. (1997) observaram variações na textura de queijos processados com óleo de soja conferindo menor dureza e adesividade, com maior coesividade e elasticidade.

Desta forma, a adição de óleos vegetais na dieta de caprinos constitui-se um agente fortalecedor da agricultura familiar, contribuindo tanto para a suplementação energética alimentar dos animais na época da seca, quanto para a valorização do semiárido nordestino. Assim, objetiva-se avaliar o uso dos óleos vegetais - mamona, gergelim e faveleira, na alimentação de cabras leiteiras e seu efeito nas características físico-químicas e sensoriais do queijo “tipo coalho”.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 CAPRINOCULTURA E O LEITE CAPRINO

A Caprinocultura no Nordeste do Brasil ainda apresenta obstáculos que dificultam a sustentabilidade desse segmento, principalmente aqueles vinculados à pequena produção. Tal fato decorre, principalmente, da pouca eficiência dos atuais sistemas de produção praticados, da inexistência de tecnologias de processamento dos produtos derivados, da forma ineficaz de gerenciamento da atividade, da insuficiente capacitação e da pouca organização dos produtores (VASCONCELOS; LEITE, 2000).

O Semiárido, que no Nordeste se constituiu num subconjunto dentro do que se entende por bioma Caatinga, é o maior desafio em termos de desenvolvimento sustentável para a região devido às suas particularidades de clima, topografia e vegetação. Essa região é diversa do ponto de vista biológico, ambiental, físico, climático e também econômico, convivendo com uma agricultura de sequeiro de baixa produtividade com lavouras irrigadas que produzem para exportação ou que destinam sua produção para transformação industrial (LIMA JÚNIOR, 2010). A exploração de pequenos ruminantes no semiárido tem sido motivo de fixação do homem à terra, trazendo grande contribuição à região, gerando empregos, ocupando a mão de obra local, além de trazer renda e bem estar ao homem do campo (ARAÚJO FILHO; CARVALHO, 1997).

O manejo de cabras leiteiras pelo seu caráter mais intensivo é capaz de empregar de forma direta mais mão de obra rural qualificada ao mesmo tempo em que pouco agride a diversidade da vegetação caatinga. A adaptação dos caprinos à ampla variação de condições climáticas e do manejo faz com que eles apresentem maior eficiência produtiva em relação a qualquer outro ruminante doméstico, como bovino, ovino ou bubalino, sendo presente em regiões com condições precárias para o desenvolvimento de outras espécies (RIBEIRO, 1998). Na região da Suíça originou-se e desenvolveram-se as raças de caprinos com maior produtividade de leite no mundo, são elas: a Alpina, Saanen, Toggenburg e Oberhasli. Essas raças são hoje exportadas para outros países para melhorar rebanhos nativos (HAENLEIN, 2006).

Os produtos lácteos caprinos apresentam três aspectos significativos em relação à nutrição humana: (1) alcançam mais pessoas com risco alimentar nos países em

desenvolvimento do que o leite de vaca; (2) são utilizados no tratamento de pessoas afetadas por alergias e problemas gastrintestinais; e (3) satisfazem as necessidades gastronômicas de consumidores com maior conhecimento (HAENLEIN, 2004). O leite de cabra é consumido mundialmente, provavelmente, em razão da adaptabilidade da espécie caprina em regiões menos favoráveis para outros ruminantes, da produção informal, da sua alta digestibilidade em relação ao leite de vaca e das propriedades nutricionais (PEREIRA et al., 2010).

Atualmente, o efetivo mundial de caprinos está na ordem de 921 milhões (FAO, 2010). No Brasil, o efetivo de pequenos ruminantes tem crescido nos últimos dez anos, aproximadamente 7,5% e o rebanho brasileiro de caprinos é de pouco mais de 9 milhões de cabeças, tornando o Brasil o 17º rebanho mundial, tendo no leite seu principal produto (IBGE, 2010).

Na Europa, os países industrializados, com 3% da população caprina, representam 17% da produção mundial de leite, apontando uma grande eficiência na produção do leite de cabra, devendo-se, em parte, ao desenvolvimento de programas de inspeções sanitárias de forma dinâmica, visando o incremento desta cadeia produtiva. A França, por exemplo, produz cerca de 500 mil toneladas anualmente, sendo maior produtor mundial de queijo de leite de cabra (FAO, 2010). O Brasil é o maior produtor de leite de cabra da América do Sul, com 148.000 toneladas/ano (FAO, 2010), e a região nordeste detém 75% desta produção (IBGE, 2010). Quanto ao mercado, encontra-se subdividido em venda de leite fluído (93%), venda de leite em pó (4%) e venda de queijos, doces e iogurtes (3%) (COSTA et al., 2008).

A composição lipídica do leite de cabra é a característica de maior importância na determinação de sua qualidade nutricional e comercial, pois esses componentes estão envolvidos tanto na produção como na qualidade de queijos e estão diretamente relacionados à coloração e ao sabor de produtos lácteos (DELACROIX-BUCHET; LAMBERET, 2000). Os glóbulos de gordura do leite de cabra são menores, comparado ao leite de vaca, podendo explicar a sua maior digestibilidade, levando a suposição de que as lipases atuam nas gorduras com maior rapidez devido a uma maior área de exposição, facilitando assim uma acentuação no sabor deste leite (HAENLEIN, 2004). Quando mudanças são realizadas na composição dos ácidos graxos do leite através da suplementação lipídica na dieta, podem ocorrer variações positivas ou negativas no *flavour*, na composição química e propriedades nutricionais dos produtos lácteos (CHILLIARD et al., 2003).

Os produtos derivados dos ruminantes contêm elevado teor de ácidos graxos saturados e baixa relação ácidos graxos poliinsaturados/saturados, comparados com os não ruminantes, devido à biohidrogenação ruminal sofrida pelos ácidos graxos insaturados (JENKINS et al.,

2008). No entanto, muitos ácidos graxos encontrados nos triglicerídeos do leite de cabra têm demonstrado exercer efeito positivo na saúde humana, como os ácidos linoleico e linolênico, e o ácido linoleico conjugado (CLA), por possuírem efeito cardioprotetor agindo como antiaterogênico vascular direto (PARIZA, 1999). O leite caprino apresenta ainda de 0,70 a 0,85% de sais minerais e 3,0 a 3,5% de proteína, sendo superior ao da vaca em termos de cálcio, fósforo, potássio, magnésio e, ao leite humano nos teores de fósforo, sódio e potássio (GODOI; PORTILHO, 2009).

Até agora, os estudos sobre o efeito da alimentação de animais na qualidade dos produtos lácteos tem envolvido principalmente a influência do aporte de nutrientes e o tipo de alimentação sobre as concentrações dos componentes principais do leite (proteínas e gordura) (COULON et al., 2004). Estas variações podem ser consequência do processo de fabricação de queijo (VERDIER-METZ et al., 2002), e também de certas características sensoriais, especialmente a textura (DELACROIX-BUCHET; LAMBERET, 2000). Por outro lado, para além do efeito conhecido de certas plantas sobre o *flavour* do leite ou do queijo, o efeito específico do tipo de alimentação tem sido pouco estudado (COULON et al., 2004).

## 2.2 A INFLUÊNCIA DA DIETA E O METABOLISMO LIPÍDICO NOS RUMINANTES

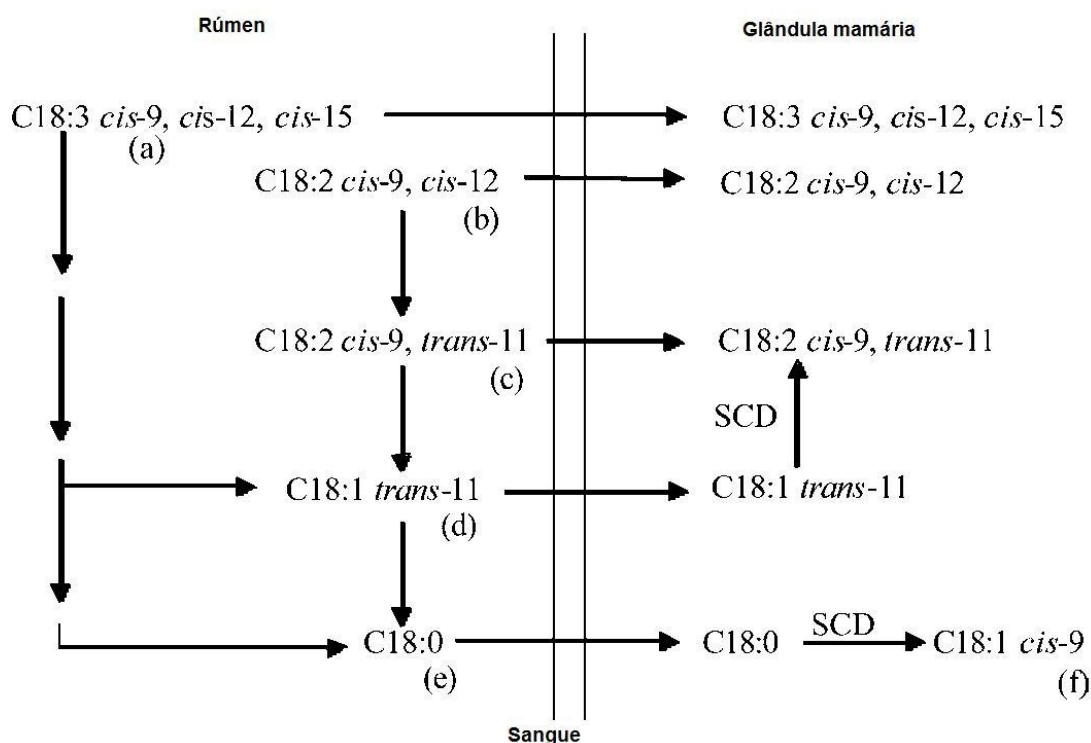
Nas dietas de ruminantes contendo óleos, estão presentes ácidos graxos insaturados na sua composição, e estes são quase em sua totalidade hidrogenados pelas bactérias do rúmen (ARRUDA et al., 2012). A utilização dos lipídios em rações de animais aumenta a capacidade de absorção de vitaminas lipossolúveis, fornecem ácidos graxos essenciais importantes para as membranas de tecidos e atuam como precursores da regulação do metabolismo, além de, aumentar a eficiência dos animais que depositam grandes quantidades de gorduras em seus produtos, como no caso de animais lactantes (SANTOS et al., 2009).

O rúmen é um ecossistema aberto no qual o alimento consumido pelo ruminante é fermentado a ácidos graxos voláteis (acetato, propionato e butirato) e massa microbiana, os quais servem para o animal como fonte de energia e proteína, respectivamente (WEIMER, 1998). O ambiente ruminal é responsável por algumas transformações nos lipídios da dieta, alterando com isso a sua composição e perfil de ácidos graxos que chega ao duodeno. Estas alterações são consequências principalmente da lipólise e da biohidrogenação (FERNANDES et al., 2008).

A lipólise corresponde ao início do processo de metabolismo dos lipídeos no rúmen, sendo imprescindível para que ocorra a biohidrogenação (HARFOOT; HAZLEWOOD, 1997). A biohidrogenação é um mecanismo natural, realizado por microrganismos ruminais que tem por função diminuir o efeito danoso dos lipídios, promovendo a lise de lipídios esterificados, com posterior hidrogenação dos ácidos graxos livres (JENKINS et al., 2008), ou seja, reduzir a insaturação dos ácidos graxos através da adição de um íon hidrogênio no ponto de uma dupla ligação, transformando-as em ligações simples ou saturadas (PALMQUIST, MATTOS, 2011). Os principais responsáveis por esta hidrogenação são as bactérias *Butyrivibrio fibrisolvens*, *Anaerovibrio lipolytica* e *Propionibacter* (EVANS et al., 2002; KOZLOSKI, 2002). Este processo de biohidrogenação é importante, pois além de diminuir a concentração de insaturados, os quais são tóxicos a muitas espécies bacterianas ruminais, contribuem para a retirada de íons  $H^+$  do ambiente ruminal, evitando seu acúmulo. O processo ainda confere uma peculiaridade aos ruminantes, que é a composição da gordura corporal diferente da dietética, uma vez que a hidrogenação dos ácidos graxos insaturados tem como principal produto o ácido esteárico (ARRUDA et al., 2012).

Na Figura 1 são apresentados os caminhos para a biohidrogenação dos ácidos linolênico e linoleico que se transformam em ácido vacênico e esteárico na síntese endógena no rúmen e as transformações na glândula mamária pela ação da  $\Delta^9$ -desaturase.

A síntese de pequenas e médias cadeias de ácidos graxos (com menos de 16 carbonos) ocorre na glândula mamária pela síntese *de novo* (síntese de novas moléculas de ácidos graxos precursores absorvidos do sangue) (SHINGFIELD et al., 2008). Em todas as espécies a síntese *de novo* requer duas fontes: cadeias carbônicas curtas (acetilCoA) e equivalentes redutores. A origem destes varia entre as espécies, particularmente quando se comparam ruminantes e não ruminantes. Nos ruminantes, as fontes de carbono usadas para a síntese de ácidos graxos são acetato (mais importante) e  $\beta$ -hidroxibutirato (BHB). Pequena quantidade de propionato que se incorpora na gordura do leite se utiliza como unidade de três átomos de carbono ao qual se vão adicionando sucessivas unidades de acetato para formar ácidos graxos de número ímpar de carbonos (PIPEROVA et al., 2000).



**Figura 1** - Principais vias dos ácidos graxos *trans* do leite e síntese do ácido linoleico conjugado (Griinari; Bauman, 1999). (a) ácido linolênico, (b) ácido linoléico, (c) ácido rumênico, (d) ácido *trans* vacênico, (e) ácido esteárico, (f) ácido oléico; SCD: esteroil-CoA ( $\Delta^9$ -desaturase).

A origem do ácido linoleico conjugado (CLA) no rúmen é gerado por biohidrogenação incompleta do ácido linoléico, pela ação da bactéria *Butyrovibrio fibrisolvens* (EVANS et al., 2002), ou por conversão endógeno (a ação de dessaturação da enzima delta-9-desaturase) de ácido vacênico (C18:1 *trans*-11), um intermediário formado pela biohidrogenação no rúmen de ácido linoléico (C18:2 *cis*-9, *cis*-12) e ácido linolênico (C18:3 *cis*-9, *cis*-12, *cis*-15) (CORL et al., 2001; BAUMAN et al., 2003).

A produção dos isômeros de CLA no rúmen é altamente dependente do ambiente ruminal, onde dietas que causem uma redução no pH ruminal podem se constituir em estratégia para a proteção de fontes suplementares de lipídeos insaturados (óleos) contra a biohidrogenação (OLIVEIRA et al., 2004). A inibição da etapa final da biohidrogenação pode aumentar os níveis de ácidos graxos insaturados e CLA na gordura do leite. Isto acontece, pois mudanças no ambiente ruminal através de fatores dietéticos e nutritivos resultam em acúmulo de ácido vacênico, aumentando o fluido ruminal, que desempenha papel como precursor da síntese endógena do CLA (COSTA et al., 2009).

A classificação do CLA refere-se a um conjunto de oito possíveis isômeros posicionais e geométricos do ácido octadecadienóico (C18:2), com duplas ligações conjugadas (KELLY et al., 1998). A concentração típica de CLA na gordura do leite é de 3 a 6 mg/g, porém, podem ocorrer grandes variações entre os rebanhos leiteiros (KELLY; BAUMAN, 1996). Jiang et al. (1996) verificaram variação de 2,5 a 17,7 mg de CLA/g de ácidos graxos no leite e sugeriram que esse ácido graxo pode ser diretamente aumentado por meio da dieta. Nos tecidos animais, são encontrados predominantemente dois isômeros do ácido graxo C18:2 (*cis*-9, *trans*-11 e *trans*-10, *cis*-12). Estes isômeros demonstraram ter vários efeitos positivos para a saúde, que incluem anticancerígenos, anti-aterogênico, anti-obesidade, antidiabetes e reforço do sistema imunológico (McGUIRE; McGUIRE, 2000; LARSSON et al., 2005). Produtos lácteos de ruminantes são as principais fontes dietéticas de ácido linoléico conjugado – CLA, e seu isômero *cis*-9, *trans*-11 é cerca de 78-89% do total de CLA na gordura do leite de ovinos (ANTONGIOVANNI et al., 2004).

A quantidade máxima de gordura a ser administrada à um animal ruminante depende da forma como é oferecida e do tipo de lipídio, dentre outras fontes e, não deve exceder de 6-7% (NRC, 2007) do total da matéria seca da dieta, visto que os microrganismos no rúmen não possuem mecanismos fisiológicos para digerir os lipídios como o fazem para os carboidratos e as proteínas (MEDEIROS, 2007).

Em estudos com leite caprino e ovino, Sanz Sampelayo et al. (2007) observaram que a suplementação lipídica não altera o consumo de energia e a produção de leite, mas aumenta na maioria dos casos o teor de gordura do leite e permite muito menos ácidos graxos saturados, aumentando no leite a quantidade de ácidos oléico (C18:1), vacênico (C18:1 *trans*-11), rumênico (C18:2 *cis*-9, *trans*-11 CLA), linolênico (C18:3) e outros ácidos graxos *trans*.

Outras pesquisas têm evidenciado a suplementação lipídica da dieta de cabras com óleos vegetais e seu efeito na qualidade do leite (DHIMAN et al., 2000; ABU-GHAZALEH et al., 2001; CHOUINARD et al., 2001). Bernard et al. (2009) estudando a inclusão de óleos de girassol e linhaça como suplementação da dieta de cabras, concluiu que óleos vegetais representam uma estratégia eficaz para alterar a composição de ácidos graxos do leite caprino, com evidências de que a dieta basal é um determinante importante do metabolismo ruminal de ácidos graxos insaturados na cabra. O óleo de girassol a 5% de matéria seca aumenta a concentração de ácidos graxos poli-insaturados, principalmente o linolênico, que pode tornar o leite um produto melhor para o consumo humano, tendo em vista o provável efeito benéfico deste ácido graxo na prevenção de problemas cardiovasculares (FERNANDES et al., 2008). Lana et al. (2005) avaliaram a adição de óleo de soja e própolis em dietas para cabras leiteiras

e verificaram aumento nos teores de gordura do leite das cabras alimentadas com a dieta contendo óleo de soja, o que está de acordo com informações de Maia et al. (2006) para óleo de canola e arroz.

Bomfim et al. (2006) trabalhando com a inclusão de óleo de soja ou palmiste e baixa concentração de fibras de forragem na dieta de cabras lactantes da raça Saanen, verificaram elevada quantidade de ácidos graxos C18:1 *trans* na gordura do leite, e Pereira et al. (2010) estudando o perfil de ácidos graxos do leite de cabras mestiças de Moxotó suplementadas com óleo de licuri e mamona, concluíram que a inclusão do óleo de mamona eleva o teor de ácidos graxos poli-insaturados no leite das cabras, no entanto o emprego do óleo de licuri causa variação negativa pelo incremento na concentração dos ácidos graxos saturados.

Tsiplakou e Zervas (2008) estudando o efeito da inclusão de folhas de oliva e bagaço de uva em dietas de ovinos da raça *East Friesian* e de caprinos da raça Alpina, no perfil lipídico do leite com ênfase em *cis*-9, *trans*-11 CLA e ácido vacênico, reportaram que a dieta tem um efeito importante sobre o teor de CLA na gordura do leite, em que o aumento da oferta de ácido linolênico e linoleico na dieta dos animais é uma maneira eficaz de melhorar a concentração de *cis*-9, *trans*-11 CLA na gordura do leite. Chilliard et al. (2003) citaram ainda que o teor de gordura no leite de cabras aumenta com quase todos os tipos de lipídios suplementares, porém comparando-se os efeitos de óleos e sementes na produção de CLA e ácido vacênico, os ácidos graxos a partir de sementes, paradoxalmente, são hidrogenados mais fortemente a C18:0 do que aqueles a partir de óleos, encontrando um aumento de ácido vacênico de 123% quando o óleo de linhaça livre foi utilizado.

## 2.3 ÓLEOS VEGETAIS PRESENTES NO SEMIÁRIDO NORDESTINO

Alguns produtores têm utilizado alternativas de melhoramento na suplementação da dieta, como óleos vegetais e seus respectivos farelos ou torta como fontes de nutrientes para ruminantes (SANTOS et al., 2008), visto a capacidade de modificação do perfil dos ácidos graxos do leite caprino com a utilização destes óleos como fator de indução no processo de biohidrogenação, levando a modificações da composição lipídica do leite (BERNARD et al., 2009). Na região do semiárido brasileiro, alguns óleos podem ser utilizados com esta finalidade. Por exemplo: mamona, faveleira e gergelim.

A mamoneira (*Ricinus communis* L.) é cultivada visando unicamente à extração do óleo contido em suas sementes. A torta obtida após a extração do óleo não é usada como alimentação animal pelo fato de possuir proteínas tóxicas e alérgenos (BELTRÃO et al., 2004). Sua cultura sempre foi considerada uma atividade de pequenos produtores e, constitui-se numa das principais culturas do semiárido do Estado da Bahia, empregando mão-de-obra e gerando divisas (SAVY FILHO et al., 1999).

O uso amplo e versátil do óleo da mamona vem de seu principal componente, o ácido graxo ricinoléico (C18:1 *cis* 9, 12-OH), que tem mais oxigênio do que os demais, devido a presença de uma hidroxila (OH) no carbono 12, além de ter uma dupla ligação estrategicamente posicionada no carbono 9 de sua cadeia de 18 carbonos (SCHNEIDER et al., 2004). As sementes de mamona apresentam teor de óleo bruto variando de 35% a 55% (SCHNEIDER et al., 2004), apresentando cerca de 70-90% de ácido ricinoléico, que confere a este óleo características atípicas, como alta viscosidade em largas faixas de temperatura, estabilidade oxidativa, pouca solidificação em baixas temperaturas e total solubilidade em álcoois de baixa massa molar (SCHOLZ; SILVA, 2008).

A forma de obtenção do óleo de mamona interfere no aspecto físico e no grau de pureza do óleo (CHIERICE; CLARO NETO, 2001). A qualidade dessa matéria-prima é muito importante na definição do seu preço, considerando que algumas características, fora das especificações exigidas, podem reduzir a eficiência das reações químicas ou comprometer a qualidade do produto final (FREIRE et al., 2006).

A faveleira (*Cnidoculus quercifolius* ou *phyllacanthus*) é uma espécie florestal endêmica do semiárido nordestino, rústica, de rápido crescimento, podendo ser usada para composição de reflorestamento destinado à recuperação de áreas degradadas (SILVA et al., 2005). É uma planta seletiva higrófila, pioneira, exclusiva da caatinga do Nordeste brasileiro, onde ocorre com elevada frequência e irregular dispersão (LORENZI, 1998) nos Estados do Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, sudoeste do Piauí, partes do interior da Bahia e do norte de Minas Gerais (OLIVEIRA et al., 2008).

O grande potencial forrageiro da faveleira está nas folhas maduras fenadas e cascas novas, que servem para alimentação de caprinos, ovinos, muares e bovinos (ARRIEL et al., 2004; MAIA, 2004). O óleo de faveleira se insere no contexto da sua utilização na alimentação de animais, sendo uma planta dotada de grande resistência à seca. As sementes são produtoras de óleo alimentício (50 a 70%) e de farinha, rica em sais minerais e proteínas. Se destaca pela presença de ácidos graxos insaturados, especialmente o ácido linoléico (C18:2 *n6 cis*) com percentual em torno de 42% (SANTOS, 2007).

O isolado protéico das amêndoas de faveleira apresenta potencial de utilização em alimentos elaborados, inclusive em produtos que exijam alta solubilidade dos ingredientes, em produtos com alto desempenho de emulsificação de óleo e em sistemas alimentícios influenciando na textura e no *flavour* dos alimentos (CAVALCANTI; BORA; CARVAJAL, 2009).

Para o gergelim (*Sesamum indicum L.*) o interesse tem sido despertado nos últimos anos por brasileiros que buscam uma cultura alternativa para alimentação e exploração agrícola viável, por ser um alimento de alto valor nutricional, rico em óleo e proteínas (ABOU-GHARBIA; SHEHATA; SHAHIDI, 2000). As sementes de gergelim fornecem teor de óleo de 44 a 58% do seu peso, muito rico em ácidos graxos insaturados oléico (47%) e linoléico (41%) (KAHYAOGLU; KAYA, 2006), proteínas (18-25%), carboidratos (~13,5 %) e cinzas (~5 %) (ELLEUCH et al., 2007). A torta é rica em proteínas (39,7%) e baixo teor de fibras (4,7%), com elevados teores de vitaminas do grupo B e alta concentração de aminoácidos que contém enxofre, especialmente a metionina (1,48%), sendo esta concentração de duas a três vezes mais que as encontradas nas tortas de soja, algodão e amendoim (DANTAS et al., 2007).

A excelente qualidade e o agradável sabor do óleo fazem com que os Europeus que produzem 32.567,94/tonelada/ano, o usem em substituição ao azeite de oliva. Porém, os maiores produtores mundiais deste óleo são a Índia, China, Sudão e Birmânia. O Brasil é um pequeno produtor, com 16 mil toneladas produzidas em 25 mil hectares e rendimento em torno de 600,0 kg/ha (FAO, 2010).

No Brasil o gergelim existe no Nordeste do país (Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba e Bahia), no Centro-oeste (Goiás e Mato Grosso) e sudeste (São Paulo e Minas Gerais). Em São Paulo o gergelim é plantado há mais de 40 anos para produção de óleo e uso em indústrias (doce), em restaurantes e em casas de comida natural (EMBRAPA ALGODÃO, 1994).

O óleo de gergelim possui altos teores de ácidos graxos insaturados, de proteína digestível, e de sesamol (composto fenólico com características antioxidantes); além do mais o óleo possui grande resistência à rancificação por oxidação (propriedade atribuída ao sesamol) e considerando a proteína, fibra mineral, gordura e conteúdo da dieta, os subprodutos do gergelim podem ser utilizados como parte de exigência nutricional da ração animal (ELLEUCH et al., 2007).

Sua ampla adaptabilidade às condições edafoclimáticas dos países de clima quente, bom nível de resistência à seca e facilidade de cultivo tornam a cultura uma excelente opção para diversificação agrícola e com grande potencial econômico, tendo em vista as boas

perspectivas dos mercados nacional e internacional, pois suas sementes contêm em média 50% de óleo de elevada qualidade com aplicações que se encontram em plena ascensão (ELLEUCH et al., 2007).

## 2.4 QUEIJO

### 2.4.1 Origem

O queijo faz parte do grupo de produtos elaborados a partir do leite. A teoria mais aceita de seu surgimento coincide com a domesticação de cabras e ovelhas. É comumente descrito que o queijo surgiu nos vales entre os rios Tigres e Eufrates (atualmente Iraque), a mais de 8.000 anos (FOX, 1993). Provavelmente o queijo e os leites fermentados tenham surgido acidentalmente ao se armazenar o leite em recipientes feitos com estômagos de ruminantes. No leite assim contido, horas depois, ocorria coagulação; e se o soro fosse drenado, restava uma massa compacta que podia ser consumida fresca ou armazenada para ser consumidos dias depois.

Cerca de 1.000 tipos de queijos são conhecidos, sendo que só na França fabricam-se 400 deles (PERRY, 2004). O Brasil é o sexto país no ranking mundial de produtores de queijo e lidera na América do Sul, com uma produção que chegou a 640 mil toneladas em 2008, considerando a União Européia em primeiro lugar com 6.975 mil toneladas no mesmo período (FAO, 2010). No Brasil, se produz uma grande variedade de queijos, tais como: Brie, Camembert, Cheddar, Cottage, Cream cheese, Emmental, Gorgonzola, Gouda, Mussarela, Parmesão, Provolone, Ricotta, Saint Paulin, fundido, requeijão e Tilsit, bem como diversos outros queijos frescos, entre eles o típico queijo Minas.

O estado de Minas Gerais se destaca como o mais importante estado produtor de queijos do Brasil, com cerca de 200 toneladas/ano, e responsável por quase metade do queijo consumido no país (PERRY, 2004). Os queijos artesanais produzidos no Nordeste também merecem destaque - queijo de coalho e queijo de manteiga; no Sul - queijo colonial ou serrano; e no Centro-Oeste, mais precisamente no estado de Mato Grosso do Sul - o queijo caipira (MATO GROSSO DO SUL, 2004). O queijo de coalho é fabricado principalmente nos estados de Pernambuco, Ceará, Rio Grande do Norte e Paraíba, onde se destaca entre os

principais tipos de queijos artesanais de fabricação e consumo comprovadamente incorporado à cultura regional (MUNCK, 2004).

Queijos tradicionais representam uma herança cultural e são o resultado acumulado do conhecimento empírico transmitido de geração a geração. Cada queijo tradicional está ligado ao território de sua origem e às condições climáticas prevalentes (ALICHANIDIS; POLYCHRONIADOU, 2008). O queijo de coalho é um dos mais tradicionais produtos de laticínios produzidos no Nordeste brasileiro e sua origem está ligada à fabricação artesanal, porém industrialmente o leite utilizado na fabricação do queijo é pasteurizado e adicionado de culturas lácticas selecionadas, resultando em produtos com maior segurança microbiológica e com alterações nas características sensoriais (NASSU et al., 2001).

De acordo com o Regulamento Técnico de Qualidade e Identidade, entende-se por queijo de coalho, o produto que se obtém por coagulação do leite por meio do coalho ou outras enzimas coagulantes apropriadas, complementada ou não pela ação de bactérias lácteas selecionadas e comercializado normalmente com até dez dias de fabricação (BRASIL, 2001). Segundo a Instrução Normativa nº 68 (BRASIL, 2006), dentre os atributos sensoriais que o queijo de coalho deve apresentar estão a consistência semidura, elástica; cor branca amarelada uniforme; crosta fina, sem trincas, não sendo usual a formação de casca bem definida; odor ligeiramente ácido, lembrando massa coagulada; sabor brando, ligeiramente ácido, podendo ser salgado; textura com algumas olhaduras pequenas ou sem olhaduras. O formato e peso podem ser variáveis.

A legislação brasileira sobre queijo de coalho contempla as variações regionais, porém reflete a falta de um padrão de identidade para esse produto. O levantamento de atributos de qualidade, como percebidos pelo consumidor, pode trazer informações valiosas para o processo de caracterização e identidade desse queijo, levando a uniformidade de suas características e a melhoria da qualidade do produto final, considerando as expectativas do mercado (PEREZ, 2005).

Nenhum esquema de categorização consegue reunir toda a diversidade de queijos do mundo. De acordo com Munck (2004) os fatores que são relevantes para a categorização dos queijos incluem: tempo de maturação, textura, métodos de produção, teor de gordura e tipo de leite.

### 2.4.2 Aspectos de qualidade na tecnologia do queijo

Embora o processo básico de fabricação de queijos seja comum a quase todos, variações na origem do leite, nas técnicas de processamento e no tempo de maturação criam a imensa variedade conhecida (PERRY, 2004). Etapas básicas no processamento, como a pasteurização, a adição de fermento, ácido láctico, cloreto de cálcio, coalho e sal, são importantes para as características de qualidade do queijo pretendido.

A pasteurização do leite é obrigatória para destruir potencialmente os microorganismos patogênicos presentes no leite cru, quando se fabricam queijos com período de maturação inferior a dois meses. Em geral, admite-se que esses micro-organismos não sobrevivam no queijo após esse tempo. O aumento da presença de micro-organismos quer por contaminação inicial elevada, quer por deficiente conservação, são os aspectos mais comuns no setor de produção de leite de pequenos ruminantes, podendo dizer que a qualidade microbiológica do leite é genericamente, senão pelo menos fortemente limitante da obtenção do queijo de qualidade (MARTINS, 2001).

O fermento láctico tem sido utilizado como alternativa tecnológica para melhorar o sabor em queijo de coalho fabricado com leite pasteurizado (MACHADO et al., 2011). A utilização de culturas mesófilas (*Lactococcus lactis* subsp. *Lactis* e *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris*) tendem a fermentar a lactose residual em temperaturas normais de armazenamento (6 a 10 °C) (JOHNSON; LAW, 1999). Atualmente, os laticínios brasileiros tendem a substituir, parcialmente ou totalmente, a adição dessa cultura pela acidificação direta com ácido láctico. Entretanto, essa prática não é microbiologicamente segura, uma vez que apenas a adição de culturas lácticas garante uma permanente produção de ácido láctico e, conseqüentemente, valores baixos de pH do produto durante o seu armazenamento, bem como a produção de outros compostos antimicrobianos. A adição apenas do ácido láctico resulta na diminuição do pH, a qual se restringe ao processamento, uma vez que facilita a quebra enzimática da  $\kappa$ -caseína pelas enzimas do coagulante (BURITI et al., 2005).

A adição de ácido láctico ao leite implica em menor quantidade de coagulante na fabricação do queijo e na redução do tempo de coagulação, conseqüentemente ocorre à redução do tempo de fabricação. A presença de ácido láctico em queijos, que tem influência direta no pH, possui papel importante na fabricação, pois: controla e previne o crescimento de microorganismos patogênicos e deterioradores, afeta a atividade do coagulante durante a coagulação e a retenção de coagulante ativo na coalhada, solubiliza fosfato de cálcio coloidal

afetando a textura do queijo, promove sinerese (interferindo na composição do produto final) e influencia a atividade de enzimas durante a maturação (FOX; McSWEENEY, 1998).

A adição do cloreto de cálcio se torna necessária para repor o cálcio perdido durante a pasteurização, aumentando o teor de íons  $\text{Ca}^{2+}$  no leite, acelerando a coagulação da caseína e ajudando a firmar o coágulo (PERRY, 2004).

A função do coalho é coagular a caseína presente no leite. A principal enzima responsável por essa ação é a renina, uma fosfoproteína de ação proteolítica presente no estômago de ruminantes jovens. Ela atua hidrolisando ligações peptídicas da caseína, transformando-a em *para*-caseína que precipita em presença de íons  $\text{Ca}^{2+}$  formando então a coalhada. Este processo é dependente da temperatura, do pH e do teor de cálcio do leite (MARTINS, 2001). A temperatura ótima de ação do coalho é em torno de 40 °C, mas costuma-se utilizar temperaturas ligeiramente mais baixas (em torno de 35 °C) para evitar que a coalhada fique muito dura (PERRY, 2004).

A pasteurização, o sal e a atividade de enzimas proteolíticas influenciam a textura durante o armazenamento. Em estudo com queijo Cheddar, Rynne et al. (2004) verificaram que a medida que houve um incremento na temperatura de pasteurização (72 a 82 °C) a firmeza apresentou um decréscimo, o que coincidiu com o incremento na proteína do soro desnaturado. Já em relação ao sal, este atua indiretamente, pois ao ser absorvido reage com o cálcio presente, logo haverá menos cálcio ligado à proteína, conseqüentemente mais firme e dura será a massa. De acordo com Lucey, Johnson e Horne (2003), o impacto da difusão do sal nas propriedades do queijo é complexo e depende de sua concentração, conteúdo de umidade, pH e temperatura.

O estado micelar da caseína e o equilíbrio salino-protéico, na sua relação com a acidificação por via da atividade microbiana, bem como o efeito direto da acidificação na fabricação e, ainda, a suscetibilidade da matéria gorda a alterações com importância organoléptica, são aspectos relevantes na tecnologia do queijo (MARTINS, 2001). Vale ressaltar que alterações nas características do queijo só acontecem abaixo do ponto isoelétrico da caseína quando o  $\text{pH} < 4,9$ , isso porque a repulsão eletrostática diminui à medida que o pH se aproxima do ponto isoelétrico das caseínas, fazendo com que elas precipitem (LUCEY; JOHNSON; HORNE, 2003).

A fase final da tecnologia do queijo é a maturação, que consiste em submeter os queijos, durante determinado tempo, a temperatura e umidade relativa definida. Representa o culminar do ciclo tecnológico de fabricação e, pela complexidade das transformações que ocorrem dos seus agentes e da dependência da multiplicidade de fatores anteriores, é talvez a

fase mais complexa de fabricação de queijo. Os defeitos do aspecto externo, de textura ou de aroma e sabor tornam-se evidentes e acentuam-se durante esta importante fase de fabricação (MARTINS; VASCONCELOS, 2003).

A bioquímica de maturação do queijo é muito complexa, e ocorre em três processos principais: a glicólise, proteólise e lipólise, dos quais a importância relativa depende da variedade do queijo (FOX; McSWEENEY, 1998). Os ácidos graxos livres são liberados normalmente pela ação de lipases (a partir de diferentes fontes), durante a lipólise. Eles contribuem diretamente para o sabor do queijo, particularmente quando são devidamente equilibrados com produtos de proteólise e outras reações (McSWEENEY; SOUSA, 2000).

A formação do gosto amargo é um dos problemas mais complexos que podem surgir durante a maturação dos queijos, e isso se deve não somente à formação, mas, sobretudo ao acúmulo de peptídeos específicos (geralmente insolúveis ou apolares) de peso molecular baixo, durante o processo de decomposição proteica que caracteriza a maturação do queijo. A maioria destes peptídeos é hidrofóbica e apresentam aminoácidos apolares nas cadeias laterais. A presença desses peptídeos é normal durante a cura e o gosto amargo só aparece quando eles se acumulam no queijo.

A avaliação da qualidade do queijo requer uma rigorosa análise dos parâmetros físicos, químicos e sensoriais, e se considerada quatro fatores de qualidade dos produtos alimentares: o sabor, a aparência, a textura e o valor nutricional (MESSENS et al., 2000).

#### **2.4.3 Efeitos da alimentação animal nas propriedades do queijo**

Os produtos lácteos são uma importante fonte de gordura na dieta humana, e apesar de estarem associados aos efeitos negativos do alto teor de ácidos graxos saturados destes produtos, também contém compostos que podem ser benéficos para saúde, como o butirato, esfingolipídios e ácido linoléico conjugado (VAN NIEUWENHOVE et al., 2007). A maioria dos estudos sobre os efeitos de tratamentos dietéticos sobre a síntese do leite em ruminantes tem focado a suplementação com lipídios ricos em ácidos graxos (sementes, óleos) ou diferentes relações volumoso:concentrado e ainda os efeitos de pastagens com espécies forrageiras diferentes (CABIDDU et al., 2006). Recentes pesquisas têm mostrado o efeito nutricional positivo da suplementação com alimentos ricos em óleos, e demonstram o significativo papel da enzima  $\Delta^9$  desaturase na produção de leite rico em *cis*-9, *trans*-11 CLA (ABU-GHAZALEH et al., 2003; CORL et al., 2001).

Um exemplo foi o queijo Coalho probiótico caprino naturalmente enriquecido com ácido linoleico conjugado (CLA) através da suplementação da dieta de cabras com óleo de soja, que originou um produto com perfil de ácido graxo mais saudável, apresentando um aumento de CLA, dos níveis de ácido oléico e linoléico, bem como um baixo teor de gordura saturada total. O maior teor de CLA (isômero C18:2 *cis*-9, *trans*-11) nestes queijos era estável e não afetou a viabilidade probiótica durante os 60 dias de maturação (SANTOS et al., 2012).

Outros estudos têm sido realizados para elucidar os efeitos da alimentação de animais nas propriedades sensoriais do queijo, e encontraram queijos com características mais suaves, cremosos, elásticos e amarelados, com um odor mais ácido e mais intenso, e sabor ácido (AGABRIEL et al., 2004; CARPINO et al., 2004). Coulon et al. (2004) reportaram que a suplementação da dieta dos animais podem modificar sensivelmente as características sensoriais dos queijos, no entanto estes efeitos podem aparecer em diferentes etapas do processo de fabricação do queijo (a partir da moldagem ou apenas durante a maturação), e variar de acordo com o tipo de queijo e interagir com os processos de transformação do leite. Cabiddu et al. (2006) completa ainda que o tipo de tecnologia de processamento de laticínios deve ser escolhido de modo a maximizar a recuperação da gordura no queijo, uma vez que as composições dos ácidos graxos do leite e do queijo são geralmente semelhantes.

Chen et al. (2009) investigaram os efeitos da gordura induzida por um suplemento alimentar que contém CLA (*trans* 10, *cis*-12) nas propriedades do queijo de cabra semi-duro, e concluíram que embora a suplementação com CLA tenha aumentado a dureza, elasticidade, mastigabilidade e diminuído a coesividade e adesividade dos queijos, não foram detectados defeitos óbvios, nem diferenças significativas nos escores sensoriais entre os queijos.

Van Nieuwenhove et al. (2007) estudando a influência da adição de cultura *starter* e óleo de girassol em queijo de búfala, observaram que queijos maturados (15 dias) e suplementados com óleo mostraram uma influência positiva sobre a concentração de CLA, e apresentaram semelhanças de textura, acidez e cor. Apesar de Luna et al. (2008), relatarem que o processo de fabricação não afeta a composição dos ácidos graxos, vários autores, citados por Sieber et al. (2004), têm demonstrado que cepas de *Lactobacilli*, *Lactococci* e *Streptococci*, muitas vezes usadas como culturas *starter* na fabricação de queijos, são capazes de produzir CLA a partir do ácido linoléico no leite desnatado ou integral.

Buccioni et al. (2010) estudando a estabilidade do CLA e isômeros de C18:1 durante o amadurecimento em Queijo Pecorino Toscano (120 dias de maturação), reportaram que a maturação do queijo afetou o percentual do isômero C18:2 *cis*9, *trans*11, o que aumentou mais de 10% no teor total de CLA. No entanto, Chin et al. (1992) havia estudado anteriormente um

grande número de variedades de queijo, e observou que queijos com um período de maturação mais prolongado foram aqueles com níveis mais baixos de CLA.

No geral, os efeitos da alimentação animal na qualidade do queijo trazem as seguintes vantagens nutricionais:

- (1) Maior teor de ácidos graxos insaturados, que diminui o risco de doenças cardiovasculares e obesidade (ERKKILA et al., 2008).
- (2) Aumentar o conteúdo de CLA (ácido linoléico conjugado) que está associada a um risco mais baixo de diabetes, ataque cardíaco e câncer (GIVENS et al., 2006; MOURÃO et al., 2005).
- (3) Diminuir o colesterol e aumentar o conteúdo de antioxidantes em produtos que contém terpenos pode reduzir a formação de células tumorais (ABIODUN; GOULD, 2002).
- (4) Elevar o teor dos componentes aromáticos dos queijos, como os ácidos graxos de cadeia curta, principalmente capróico (C6:0) e caprílico (C8:0), o que melhora o *flavour* (RUBINO; CHILLIARD, 2003; SILANIKOVE et al., 2010).
- (5) A maioria dos componentes farmacológicos das ervas usadas na alimentação animal, podem passar para o leite e o queijo, o que também melhora as propriedades de saúde para o consumo humano (GALINA, 2004).

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 MATERIAL**

##### **3.1.1 Ensaio experimental, animais e dietas**

O experimento foi conduzido por equipe multidisciplinar com o manejo dos animais na Unidade de Pesquisas em Pequenos Ruminantes no Setor de Caprinocultura, pertencente ao Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba no município de Areia, Paraíba, no período compreendido entre agosto e novembro de 2010. O município de Areia está localizado na microrregião do Brejo Paraibano, com (latitude 6°58'12''s, longitude 35°45'15''w e uma altitude de 575m). De acordo com a classificação climática de Gaussen (1953), o bioclima predominante na área é o 3dTh nordestino sub-seco, com precipitação pluviométrica média anual de 1400 mm. Pela classificação de Koppen, o clima é o tipo As' (BRASIL, 1972), o qual se caracteriza como quente e úmido, com chuvas de outono-inverno. A temperatura média oscila entre 21 e 26 °C, com variações mensais mínimas.

Utilizaram-se oito cabras mestiças Sannen x Alpina Francesa com cerca de 50 dias de lactação, mantidas em confinamento e alimentadas duas vezes ao dia, às 8:00 e às 17:00 horas. Os ensaios com as dietas experimentais tiveram duração de 76 dias, sendo compostos de quatro períodos de dezenove dias, em que os primeiros 15 dias de cada período foram utilizados para adaptação dos animais às dietas e os quatro dias seguintes destinados à coleta das amostras de leite.

As dietas foram formuladas segundo recomendações do NRC (2007) para atender às exigências nutricionais de cabras em lactação com produção média de 2 kg/cabra/dia e 4% de gordura do leite (Tabela 1). Os tratamentos consistiram de rações completas com três tipos de óleos vegetais ao mesmo nível e um grupo controle:

1º Tratamento = 0% de óleo vegetal na matéria seca (MS)

2º Tratamento = adição de 4,0% de óleo de faveleira na MS

3º Tratamento = adição de 4,0% de óleo de gergelim na MS

4º Tratamento = adição de 4,0% de óleo de mamona na MS

Os óleos de faveleira e gergelim foram adquiridos no município de Várzea - PB, de um produtor local, tendo sido prensados a frio sob condições adequadas de higiene e

armazenados em frascos âmbar de um litro. O óleo de mamona foi adquirido de uma empresa comercial situada no estado da Bahia.

**Tabela 1** - Composição percentual e química das rações experimentais

| Componentes                                  | Dietas experimentais               |                   |                  |                |
|----------------------------------------------|------------------------------------|-------------------|------------------|----------------|
|                                              | Controle<br>sem óleo               | Óleo<br>faveleira | Óleo<br>gergelim | Óleo<br>mamona |
|                                              | Proporções dos ingredientes (% MS) |                   |                  |                |
| Feno tifton                                  | 49,30                              | 49,06             | 49,06            | 49,06          |
| Milho moído                                  | 37,29                              | 32,99             | 32,99            | 32,99          |
| Farelo soja                                  | 10,79                              | 11,34             | 11,34            | 11,34          |
| Óleo de faveleira                            | 0,00                               | 4,00              | 0,00             | 0,00           |
| Óleo de gergelim                             | 0,00                               | 0,00              | 4,00             | 0,00           |
| Óleo de mamona                               | 0,00                               | 0,00              | 0,00             | 4,00           |
| Núcleo mineral <sup>1</sup>                  | 1,37                               | 1,47              | 1,47             | 1,47           |
| Calcáreo calcítico                           | 1,25                               | 1,13              | 1,13             | 1,13           |
| Composição química (%)                       |                                    |                   |                  |                |
| Matéria seca <sup>2</sup>                    | 86,99                              | 87,42             | 87,42            | 87,42          |
| Matéria orgânica                             | 91,91                              | 91,96             | 91,96            | 91,96          |
| Matéria mineral                              | 8,09                               | 8,04              | 8,04             | 8,04           |
| Proteína bruta                               | 13,82                              | 13,69             | 13,69            | 13,69          |
| Extrato etéreo                               | 3,15                               | 6,97              | 6,97             | 6,97           |
| Fibra em detergente neutro <sup>3</sup>      | 39,92                              | 39,19             | 39,19            | 39,19          |
| Fibra em detergente ácido <sup>3</sup>       | 18,70                              | 18,48             | 18,48            | 18,48          |
| Lignina                                      | 3,12                               | 3,03              | 3,03             | 3,03           |
| Carboidratos totais                          | 74,95                              | 71,31             | 71,31            | 71,31          |
| Nutrientes digestíveis totais <sup>4</sup>   | 61,61                              | 69,68             | 69,05            | 69,19          |
| Energia metabolizável (Mcal/kg) <sup>5</sup> | 2,36                               | 2,64              | 2,67             | 2,60           |

<sup>1</sup> Suplemento mineral (nutrientes/kg de suplemento): Ca = 210 g; P = 70 g; Mg = 5 g; F = 700,00 mg; Zn = 3,010 mg; Cu = 440 mg; Mn = 1,485 mg; Co = 25 mg; Fe = 340 mg; Cr = 6,00 mg; Se = 20 mg; I = 48 mg; S = 10 g; Vit. A = 250.000,00 UI/kg; Vit. D3 = 40.000,00 UI/kg; Vit E = 350,00 UI/kg. <sup>2</sup> % com base na matéria natural; <sup>3</sup> Isenta de cinzas e proteína; <sup>4</sup> Sniffen et al., (1992); <sup>5</sup> EM (Mcal/kg) = ED (Mcal/kg) \*0,86.

### 3.1.2 Amostragem e elaboração do queijo de leite de cabra “tipo coalho”

As cabras foram ordenhadas manualmente duas vezes ao dia (as 7 e às 16 horas), sendo realizado o controle leiteiro através da pesagem do leite (kg/dia) nos quatro dias de coleta de cada período experimental. Antes de realizar a ordenha foi feita a limpeza dos tetos com papel toalha, sendo os primeiros jatos desprezados na caneca de fundo preto para

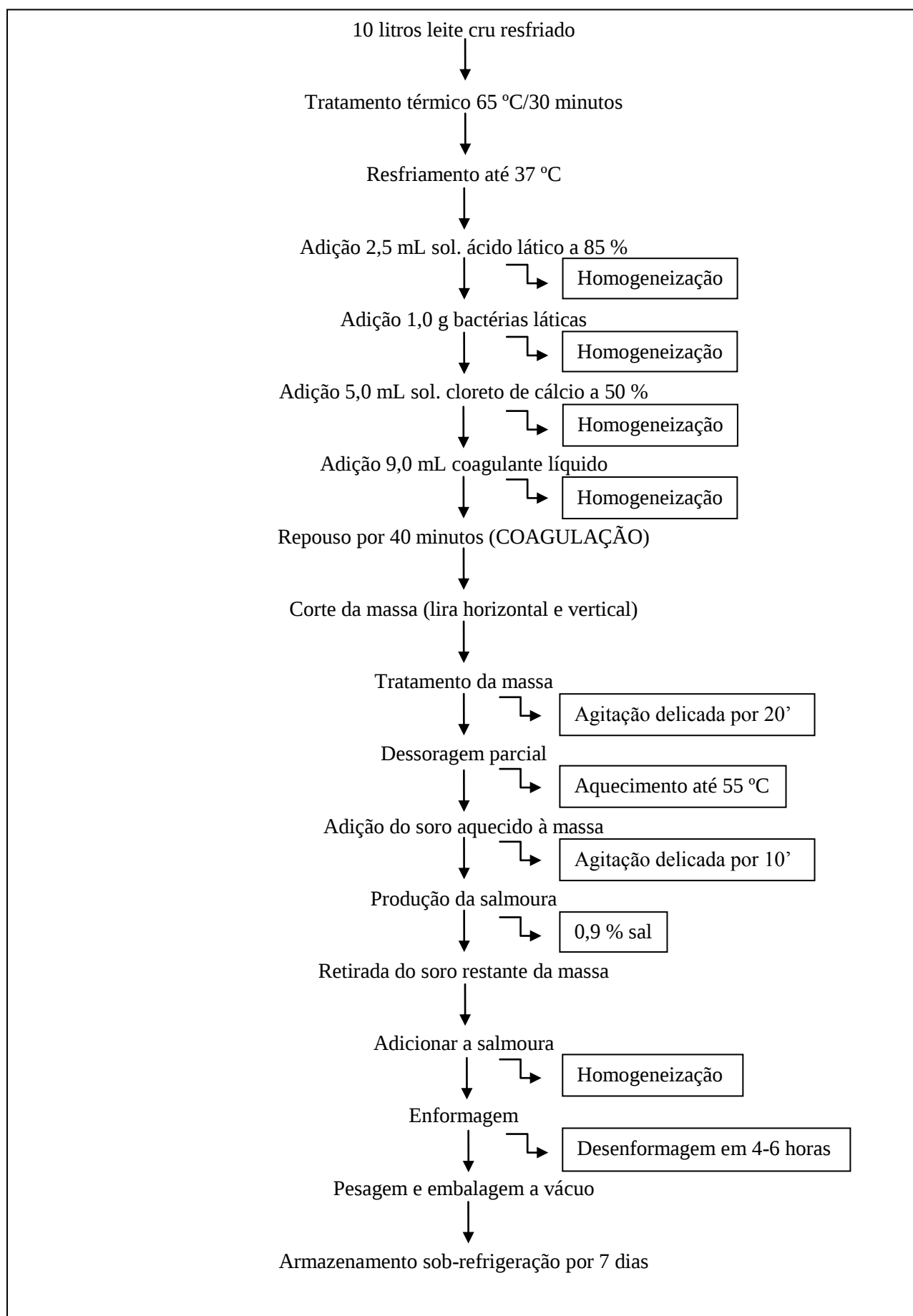
deteção de possíveis alterações do leite. Após a ordenha os tetos foram higienizados com solução comercial a base de iodo e glicerina.

A coleta do leite destinado à fabricação dos queijos foi realizada separadamente por tratamento, em uma ordenha matinal (70 % do total do leite) e outra vespertina (30 % do total do leite). Após as coletas o leite de cabra foi congelado em freezer comercial ( $-18 \pm 2$  °C), até sua utilização na elaboração dos queijos.

Com o leite coletado ao final de cada período, elaboraram-se queijos de leite de cabra tipo “coalho” de aproximadamente 250 g, referente a cada um dos tratamentos, totalizando assim quatro processamentos.

Os queijos foram elaborados conforme o protocolo de produção apresentado na Figura 2, utilizando-se em cada processamento 10 litros de leite de cada tratamento. Inicialmente as garrafas contendo o leite foram descongeladas e o leite submetido a um tratamento térmico de 65 °C por 30 minutos, seguido de resfriamento até a temperatura de 37 °C e, coagulação através da adição dos seguintes aditivos: 2,5 mL de solução de ácido láctico a 85 %; 1,0 g de cultura láctica mesofílica, liofilizada (*Lactococcus lactis* subesp. *cremoris* e *Lactococcus lactis* subesp. *Lactis* - CHR HANSEN Ind. E Com. Ltda, Valinhos, SP), dissolvidos em 250 mL de leite de cabra; 5,0 mL de solução de cloreto de cálcio a 50%; 9,0 mL do coalho (coagulante líquido HÁ-LA<sup>®</sup> do Brasil, CHR HANSEN Ind. E Com. Ltda, força 1:3.000) dissolvido em 9,0 mL de água mineral.

Após a adição do agente coagulante, a massa láctea foi homogeneizada e colocada em repouso por 40 minutos, onde foi verificado o ponto de corte. O coágulo foi cortado com uma lira no sentido vertical e horizontal durante 20 minutos, para a obtenção do dessoramento da massa. Em seguida, parte do soro foi aquecida a 55 °C para o preparo da salmoura, na proporção de 0,9 % de sal para 10 litros de leite. A massa dessorada foi então acondicionada em formas perfuradas, de modo que se obtivessem queijos com 250 g. As formas foram submetidas à prensagem por um período de 4 a 6 horas a temperatura ambiente. Os queijos foram acondicionados em embalagens de polietileno, a vácuo, e armazenados sob temperatura de refrigeração ( $4 \pm 1$  °C) durante 7 dias. No dia seguinte à fabricação dos queijos foram realizadas as análises de controle microbiológico. Terminado o período de armazenamento foram realizadas as análises físicas, físico-químicas, sensorial e perfil de ácidos graxos dos queijos.



**Figura 2** – Protocolo de produção do queijo de leite de cabra “tipo coalho”

## 3.2 MÉTODOS

Na presente pesquisa foram realizadas análises físico-químicas (umidade, densidade, índices químicos e viscosidade), perfil de ácidos graxos e análise térmica (TG e PDSC) dos óleos vegetais utilizados na alimentação das cabras leiteiras.

Paralelamente, as análises do queijo “tipo coalho” elaborado com leite de cabras alimentadas com os óleos de faveleira, gergelim e mamona, foram realizados após cada período de elaboração dos queijos e envolveram determinações dos parâmetros de qualidade microbiológica (*Staphylococcus aureus*, coliformes totais e termotolerantes em alimentos, *Salmonella* e *Listeria monocytogenes*), físico-química (umidade, proteínas, lipídeos, cinzas, pH, Aa, perfil de ácidos graxos), físicas (cor – a\*, b\*, L\*, TPA - perfil de textura) e sensorial.

Todas as análises nos queijos foram realizadas em triplicata, para cada tratamento e a cada período de elaboração dos queijos.

### 3.2.1 Óleos vegetais

#### 3.2.1.1. Caracterização físico-química dos óleos vegetais

Nos óleos vegetais de gergelim, mamona e faveleira foram determinados os parâmetros de umidade e densidade, os quais foram dosados segundo os procedimentos 926.12 e 920.212, respectivamente, de acordo com recomendações da AOAC (2000). Para as determinações dos índices químicos destes óleos foram seguidas as especificações das normas da AOCS (2009), com os seguintes procedimentos: índice de acidez (método Cd 3d-63); índice de peróxido (método Cd 8b-90); índice de saponificação (método Cd 3-25); índice de Iodo pelo método de Wijs (método Cd 1-25); índice de refração (método Cc 7-25).

As determinações da viscosidade cinemática foram realizadas conforme o método D445 da Norma ASTM (2003), utilizando-se viscosímetro cinemático de vidro (modelo AVS 350, Schott-Geräte, Alemanha) padronizado a 40 °C e constante 0,2326 mm<sup>2</sup>.s<sup>-1</sup>. Após o acionamento e estabilização do aparelho viscosimétrico a 40 °C utilizou-se uma seringa adaptada a uma mangueira de látex (funcionando como um sugador) conectada na parte superior do viscosímetro, colocou-se o óleo com nível superior ao último traço de aferição. Retirou-se a seringa e cronometrou-se o tempo gasto pelo líquido entre o primeiro e o segundo traço de aferição. A viscosidade cinemática foi calculada multiplicando o tempo (t)

gasto pelo óleo para percorrer a distância entre os dois traços de aferição e a constante  $k = 0,2326 \text{ mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ .

#### *3.2.1.2. Análise do perfil de ácidos graxos dos óleos vegetais*

Para a dosagem do perfil de ácidos graxos foi realizada primeiramente as etapas de saponificação e esterificação, usando 0,5 g de cada óleo, conforme o método de Hartman e Lago (1986).

As amostras esterificadas foram analisadas em cromatógrafo a gás Varian 430-GC, com detector de ionização de chama (FID), coluna capilar de sílica fundida (CP WAX 52 CB Varian), com dimensões de 60 m x 0,25 mm e 0,25  $\mu\text{m}$  de espessura do filme. Foi utilizado o hélio como gás de arraste (vazão de 25 mL/min), hidrogênio (30 mL/min) e ar sintético (300 mL/min). O programa de temperatura do forno inicial foi de 100 °C aumentando 2,5 °C/min até atingir a temperatura de 240 °C, permanecendo por 20 minutos, totalizando 76 minutos. A temperatura do injetor foi mantida em 250 °C e a do detector em 260 °C.

Uma alíquota de 1,0  $\mu\text{L}$  do extrato esterificado foi injetada em injetor tipo split/splitless a 250°C e, os chromatogramas foram registrados em um software tipo Galaxie Chromatography Data System. Os ácidos graxos foram identificados por comparação dos tempos de retenção dos ésteres metílicos das amostras com padrões Supelco ME19-Kit (Fatty Acid methyl Esters C6-C24). Os resultados dos ácidos graxos foram quantificados por normalização das áreas dos ésteres metílicos e expressos em percentual de área (%).

#### *3.2.1.3. Análise térmica dos óleos vegetais*

As curvas Termogravimétricas (TG) dos óleos foram obtidas em um analisador térmico, marca TA Instruments, modelo SDT 2960, através do método não isotérmico de análise, na razão de aquecimento de 10 °C.min<sup>-1</sup>, em atmosferas de ar sintético, com fluxo de 110 mL.min<sup>-1</sup>, com rampa de aquecimento de 25 a 600 °C, utilizando cadinho de alumina, e 10 mg de amostra.

As curvas não isothermas de Calorimetria Exploratória Diferencial Pressurizada (PDSC) foram obtidas através de um calorímetro exploratório diferencial pressurizado, da marca TA Instruments, modelo DSC Q1000. Utilizou-se aproximadamente 10 mg da amostra, em cadinho de platina, sob atmosfera de oxigênio e pressão de 203 psi (equivalente a 1400 kPa), com razão de aquecimento de 10 °C.min<sup>-1</sup>, no intervalo de temperatura de 25 a 600 °C.

### 3.2.2 Queijos

#### 3.2.2.1. Análises da qualidade microbiológica dos queijos

As análises de controle microbiológico dos queijos “tipo coalho”, foram realizadas no Laboratório de Microbiologia de Alimentos do Centro de Tecnologia da UFPB, de acordo com a Instrução Normativa nº 30 de 26/06/2001 (BRASIL, 2001), que trata do Regulamento Técnico Geral para fixação de Requisitos Microbiológicos de Queijos, onde o queijo de coalho deverá obedecer aos critérios estabelecidos para queijos de médio a alto teor de umidade. As análises foram feitas com base nos Métodos Analíticos Oficiais para Análises Microbiológicas para Controle de Produtos de Origem Animal e Água, conforme as exigências da ANVISA para *Staphylococcus aureus*, coliformes totais e termotolerantes em alimentos, *Salmonella* e *Listeria monocytogenes*.

#### 3.2.2.2. Análises da qualidade físico-química dos queijos

A análise de umidade foi determinada por gravimetria, através do processo de secagem em estufa a 105 °C (QUIMIS, modelo Q317M42, São Paulo, Brasil) até a obtenção de peso constante, pelo procedimento nº 926.08 da AOAC (2000). As proteínas foram quantificadas através do procedimento nº 991.20, segundo o método de Kjeldahl utilizando-se um digestor (TECNAL, modelo TE-007D, São Paulo, Brasil), um destilador (TECNAL, modelo TE-0363, São Paulo, Brasil), aplicando-se um fator de 6,38 para a conversão do nitrogênio total em proteínas. Para a determinação de lipídios foi utilizado o procedimento 989.04, ambos recomendados pela AOAC (2000).

Na determinação de cinzas foi utilizado um método gravimétrico, que consiste da incineração do material em mufla a 550-570 °C (FORNITEC, modelo 1934, São Paulo, Brasil) e pesagem do resíduo mineral, procedimento 935.42 (AOAC, 2000). O pH foi medido em pHmetro digital (QUIMIS, modelo Q400AS, São Paulo, Brasil), pelo procedimento nº 981.12 recomendado pela AOAC (2000). A determinação da atividade de água foi realizada segundo o procedimento analítico 978.18 da AOAC (2000), utilizando um Aparelho AQUALAB PAWKIT (DECAGON DEVICES, WA 99163, USA).

### 3.2.2.3. Análise do perfil de ácidos graxos dos queijos

A dosagem dos ácidos graxos foi realizada primeiramente a etapa de extração da gordura dos queijos com base na metodologia descrita por Folch, Lees e Stanley (1957), seguida das etapas de saponificação e esterificação conforme o método de Hartman e Lago (1986).

O perfil de ácidos graxos das amostras esterificadas de queijo foi determinado em cromatógrafo a gás Varian 430-GC, com detector de ionização de chama (FID), coluna capilar de sílica fundida (CP WAX 52 CB Varian), com dimensões de 60 m x 0,25 mm x 0,25µm de espessura do filme. Foi utilizado o hélio como gás de arraste (vazão de 1 mL/min). O programa de temperatura do forno inicial foi de 100 °C aumentando 2,5 °C/min até atingir a temperatura de 240 °C, permanecendo por 20 minutos, totalizando 76 minutos. A temperatura do injetor foi mantida em 250 °C e a do detector em 260 °C. Uma alíquota de 1,0 µL do extrato esterificado foi injetada em injetor tipo *split/splitless*.

Os cromatogramas foram registrados em um *software* tipo Galaxie Chromatography Data System. Os ácidos graxos foram identificados por comparação dos tempos de retenção dos ésteres metílicos das amostras com padrões Supelco ME19-Kit (Fatty Acid methyl Esters C6-C24) e CLA (Linoleic acid methyl Ester mix *cis/trans*). Os resultados dos ácidos graxos foram quantificados por normalização das áreas dos ésteres metílicos e expressos em percentual de área (%).

### 3.2.2.4. Análises da qualidade física dos queijos

A determinação da cor instrumental foi realizada em colorímetro CR-300 (Minolta, Osaka, Japão) utilizando o sistema CIELAB (CIE, 1996). No espaço colorimétrico CIELAB, definido por L\*, a\*, b\*, a coordenada L\* corresponde a luminosidade, a\* e b\* referem-se às coordenadas de cromaticidade verde(-)/vermelho(+) e azul(-)/amarelo(+), respectivamente. As medições foram analisadas com o aparelho previamente calibrado na modalidade da refletância, com a reflexão especular excluída e usando placas de referência. As medidas foram executadas em triplicata na parte interna da peça de queijo e depois na parte externa, imediatamente após a retirada da embalagem.

Na análise do perfil de textura (TPA) foram avaliados os parâmetros de dureza, coesividade, adesividade, elasticidade e mastigabilidade, utilizando-se um texturômetro TA-XT2i (Stable Micro Systems, Surrey, UK), acoplado com um probe esférico (P/1S) de 1” de

polegada de diâmetro em aço inox (Extralab Brasil, São Paulo, Brasil). As condições utilizadas nos testes foram baseadas em Andrade et al. (2007):

- velocidade de teste: 1,0 mm/s;
- distância de compressão: 10 mm, equivalente a 50% de compressão;
- força de contato: 5,0 g;
- tempo entre ciclos: 5 segundos.

Os dados coletados foram analisados através do programa “Texture Expert for Windows 1.20” (Stable Micro Systems).

O preparo da amostra para TPA foi realizado cortando-se os queijos em forma cilíndrica, utilizando vazador de aço inox com lâmina afiada na extremidade, de modo que as amostras ficaram com dimensões de 50 mm de diâmetro e 25 mm de altura. Os cilindros foram embalados em sacos de polietileno e acondicionados em recipiente isotérmico com gelo durante a realização do teste.

#### *3.2.2.5. Análise sensorial dos queijos*

Esta pesquisa foi submetida à avaliação e apreciação pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal da Paraíba e aprovada sob o número do Protocolo 154/2009, reconhecido pela Comissão Nacional de Ética em Pesquisa (CONEP). A análise sensorial foi realizada no Laboratório de Nutrição e Dietética do Departamento de Nutrição da UFPB em João Pessoa – PB.

#### ***Recrutamento e pré-seleção***

Inicialmente foi realizado um recrutamento entre os alunos da Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos e alunos da Ciência da Nutrição da Universidade Federal da Paraíba, utilizando um questionário de recrutamento dos provadores para análise sensorial. Nesta etapa de pré-seleção foram utilizados queijos de coalho de leite de vaca e de cabra. Um teste triangular foi aplicado aos 15 provadores selecionados e em seguida estes foram solicitados a descrever, numa escala de intensidade (pouco intenso a muito intenso), o atributo de sabor ácido e sabor salgado das amostras de queijo.

Posteriormente, os provadores foram reunidos conjuntamente em uma mesa, e sob a assistência de um moderador, foram solicitados a avaliar três diferentes amostras de queijo coalho, com o objetivo de desenvolver a terminologia descritiva dos atributos: aspecto

externo, textura e *flavour*. O painel final constou de 13 provadores (11 mulheres e 2 homens) com idade variando entre 20 e 40 anos.

### ***Treinamento***

O treinamento dos provadores foi realizado com queijos de leite de cabra “tipo coalho” utilizando a ficha descritiva desenvolvida para o teste sensorial. Esta etapa do treinamento constou de três sessões, representando repetições, nas quais cada provador avaliou as amostras relativas aos tratamentos estudados, proporcionando à equipe melhor entendimento dos atributos e formação da memória sensorial.

### ***Teste sensorial***

Para a realização da análise sensorial foi aplicado o Teste de Análise Descritiva Quantitativa (ADQ) de acordo com metodologia descrita por Faria e Yotsuyanagi (2002), onde foram oferecidas quatro amostras refrigeradas ( $4 \pm 1$  °C) de queijo de leite de cabra “tipo coalho”. Os 13 provadores treinados avaliaram os atributos: aspecto externo, odor, textura (dureza e elasticidade), sabores básicos (ácido e salgado), *flavour* e *after taste*; utilizando uma escala de intensidade de 5 pontos, variando de pouco intenso a muito intenso para a maioria dos atributos, exceto para aspecto externo (seco a úmido), dureza (mole a dura) e elasticidade (pouco elástica a muito elástica) (HOSSENLOPP, 1995).

O teste sensorial de ADQ foi realizado em três sessões, de modo que as amostras foram servidas em cubos de 2x2 cm, codificadas (A, B, C, D) e acompanhadas de água e biscoito do tipo *cream cracker* sem sal.

#### ***3.2.2.6. Análise estatística***

O delineamento experimental utilizado para a avaliação das propriedades físico-químicas, físicas, perfil de ácidos graxos consistiu-se de dois quadrados latinos (4x4), composto de oito animais, distribuídos aleatoriamente em quatro tratamentos e quatro períodos. O seguinte modelo estatístico foi utilizado na análise dos dados:

$$Y_{ijkl} = \mu + Q_i + T_j + P_k + A_{(i)l} + QT_{ij} + \xi_{ijk}$$

Onde:

$Y_{ijkl}$  = Observação na cabra j, no período k, submetida ao tratamento i, com  $i, j, k = 1, 2, 3, 4$ ;

$\mu$  = Efeito geral da média;

$Q_i$  = Efeito do quadrado i, sendo  $i = 1, 2$ ;

$T_j$  = Efeito do tratamento j, sendo  $j = 1, 2, 3, 4$ ;

$P_k$  = Efeito do período k;

$A_{(i)l}$  = Efeito da cabra l no quadrado i com  $l = 1, 2, 3, 4$ ;

$QT_{ij}$  = É a interação do efeito com o quadrado latino i x tratamento j;

$\xi_{ijk}$  = Erro aleatório associado a cada observação  $Y_{ijkl}$ .

Os resultados obtidos foram avaliados através da Análise de Variância (ANOVA), seguida por teste de Tukey a 5 % de significância para comparar a diferença entre as médias dos parâmetros analisados. Os dados foram analisados pelo programa estatístico Statistical Analysis System (SAS), versão 6.12, descrito por SAS (1996).

Para a estatística da análise sensorial foi adotado o Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC), com apenas o efeito fixo do tratamento. As médias foram comparadas pelo teste de Ryan-Einot-Gabriel-Welsch a 5% de probabilidade, utilizando o pacote estatístico SAS (1996) e o modelo estatístico utilizado foi o seguinte:

$$Y_i = \mu + T_i + \xi_{ij}$$

Onde:

$Y_i$  = Tratamento i;

$\mu$  = Efeito geral da média;

$T_i$  = Efeito do tratamento i, sendo  $i = 1, 2, 3, 4$ ;

$\xi_{ij}$  = Erro aleatório.

A análise de componentes principais (ACP) foi realizada utilizando os dados sensoriais, parâmetros reológicos, parâmetros físico-químicos e ácidos graxos.

#### 4. REFERÊNCIAS

ABIODUN, E. J.; GOULD, M. Monoterpenes reduced adduct formation in rats exposed to aflatoxin B1. *African Journal Biotechnology*, v. 1, n. 2, p. 46-49, 2002.

ABOU-GHARBIA, H. A.; SHEHATA, A. A. Y.; SHAHIDI, F. Effect of processing on oxidative stability and lipid classes of sesame oil. *Food Research International*, v. 33, p. 331-340, 2000.

ABU-GHAZALEH, A. A.; SCHINGOETHE, D. J.; HIPPEN, A. R. Conjugated linoleic acid and other beneficial fatty acids in milk from cows fed soybean meal, fish meal, or both. *Journal of Dairy Science*, v. 84, p. 1845-1850, 2001.

ABU-GHAZALEH, A. A.; SCHINGOETHE, D. J.; HIPPEN, A. R.; KALSCHEUR, K. F. Milk conjugated linoleic acid response to fish oil supplementation of diets differing in fatty acid profiles. *Journal Dairy Science*, v. 86, p. 944-953, 2003.

AGABRIEL, C.; MARTIN, B.; SIBRA, C.; BONNEFOY, J. C.; MONTEL, M. C.; DIDIENNE, R. et al. Effect of dairy production system on the sensory characteristics of Cantal cheeses: a plant-scale study. *Animal Research*, v. 53, p. 221-234, 2004.

ALICHANIDIS, E.; POLYCHRONIADOU, A. Characteristics of major traditional regional cheese varieties of East-Mediterranean countries: a review. *Dairy Science and Technology*, v. 88, p. 495-510, 2008.

ANDRADE, A. A. de; RODRIGUES, M. do C. P.; NASSU, R. T.; SOUZA NETO, M. A. de. Medidas instrumentais de cor e textura em queijo de coalho. 15<sup>th</sup> Congresso Latino America de Analista de Alimentos, Fortaleza, CE, 2007.

ANTONGIOVANNI, M.; MELE, M.; BUCCIONI, A.; PETACCHI, F.; SERRA, A.; MELLIS, M. P.; CORDEDDU, L.; BANNI, S.; SECCHIARI, P. J. Effect of forage/concentrate ratio and oil supplementation on C18 : 1 and CLA isomers in milk fat from Sarda ewes. *Journal of Animal and Feed Sciences*, v. 13, Suppl. 1, p. 669-672, 2004.

AOAC. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. *Official Methods of Analysis*. 17<sup>th</sup> Edition, Washington, 2000. 1018p.

AOCS. AMERICAN OIL CHEMISTS' SOCIETY. *Official methods and recommended praticces of the American Oil Chemists' Society*. 6<sup>th</sup> ed. Champaign, USA, AOCS, 2009. 1200p.

ARAÚJO FILHO, J. A. de; CARVALHO, F. C. de. *Desenvolvimento sustentado da caatinga*. Sobral: EMBRAPA-CNPQ, 1997, 19p. (EMBRAPA-CNPQ. Circular Técnica, 13).

ARRIEL, E. F.; PAULA, R. C.; BAKKE, O. A.; ARRIEL, N. H. C. Divergência Genética em *Cnidioscolus phyllacanthus* (Mart.) Pax. et K. Hoffm. *Rev. Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas*, Campina Grande, v. 8, n.2/3, p.813-822, 2004.

ARRUDA, P. C. L.; PEREIRA, E. S.; PIMENTEL, P. G.; BOMFIM, M. A. D.; MIZUBUTI, I. Y.; RIBEIRO, E. L. A.; FONTENELE, R. M.; REGADAS FILHO, J. G. L. Perfil de ácidos graxos no Longissimus dorsi de cordeiros Santa Inês alimentados com diferentes níveis energéticos. *Semina. Ciências Agrárias* (Online), v. 33, p. 1229-1240, 2012.

BAUMAN, D. E.; CORL, B. A.; PETERSON, D. G. The biology of conjugated linoleic acid in ruminants. In: *ADVANCES IN CONJUGATED LINOLEIC RESEARCH*, 2, 2003, Champaign. *Anais...* Champaign: AOCS Press Champaign, 2003. p.146-173.

BELTRÃO, N. E. de M.; CARDOSO, G. D.; SEVERINO, L. S.; PEREIRA, J. R.; GONDIM, T. M. de S.; CARTAXO, W. V. *O Biodiesel do óleo da mamona e a produção de fitomassa: considerações gerais e singularidades*. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2004.

BERNARD, L.; SHINGFIELD, K. J.; ROUEL, J.; FERLAY, A.; CHILLIARD, Y. Effect of plant oils in the diet on performance and milk fatty acid composition in goats fed diets based on grass hay or maize silage. *British Journal of Nutrition*, v. 101, p. 213-224, 2009.

BOMFIM, M. A. D.; LANNA, D. P.; FACO, O.; GOMES, G. M. F.; PEREIRA, L. P. S. Ácidos graxos *trans*-octadecenóicos no leite de cabras suplementadas com diferentes fontes de óleo na dieta. In: 43ª REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA - SBZ. 2006. *Anais...* João Pessoa: Sociedade Brasileira de Zootecnia: João Pessoa, Paraíba. 2006.

BRASIL. Ministério da Agricultura. *Levantamento exploratório – reconhecimento dos solos do Estado da Paraíba*. Rio de Janeiro, 1972. 283p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 30, de 26 de junho de 2001. Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Manteiga da Terra ou Manteiga de Garrafa, Queijo de Coalho e Queijo de Manteiga. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília, junho 2001.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 68, de 14 de dezembro de 2006. Métodos analíticos oficiais físico-químicos para controle de leite e produtos lácteos. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília, abril 2006.

BUCCIONI, A.; RAPACCINI, S.; ANTONGIOVANNI, M.; MINIERI, S.; CONTE, G.; MELE, M. Conjugated linoleic acid and C18:1 isomers content in milk fat of sheep and their transfer to Pecorino Toscano cheese. *International Dairy Journal*, v. 20, p. 190-194, 2010.

BUGAUD, C.; BUCHIN, S.; NOËL, Y.; TESSIER, L.; POCHET, S.; MARTIN, B. Relationship between Abundance cheese texture, its composition and that of milk produced by cows grazing different types of pasture. *Lait*, v. 81, p. 593-607, 2001.

BURITI, F. C. A.; ROCHA, J. S.; ASSIS, E. G.; SAAD, S. M. I. Probiotic potential of Minas fresh cheese prepared with the addition of *Lactobacillus paracasei*. *Lebensmittel Wissenschaft und Technologie*, v. 38, p. 173-180, 2005.

CABIDDU, A.; ADDIS, M.; PINNA, G.; DECANDIA, M.; SITZIA, M.; PIREDDA, G.; PIRISI, A.; MOLLE, G. Effect of corn and beet pulp based concentrates on sheep milk and cheese fatty acid composition when fed Mediterranean fresh forages with particular reference to conjugated linoleic acid *cis*-9, *trans*-11. *Animal Feed Science and Technology*, v. 131, p. 292-311, 2006.

CARPINO, S.; HORNE, J.; MELILLI, C.; LICITRA, G.; BARBANO, D. M.; VAN SOEST, P. J. Contribution of native pasture to the sensory properties of Ragusano cheese. *Journal of Dairy Science*, v. 87, p. 308-315, 2004.

CAVALCANTI, M. T.; BORA, P. S.; CARVAJAL, J. C. L. Propriedades funcionais das proteínas de amêndoas da faveleira (*Cnidoscylus phyllacanthus* (Mart.) Pax. et K. Hoffm.) com e sem espinhos. *Rev. Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 29, n. 3, p. 597-602, 2009.

CHEN, S. X.; ROVAI, M.; LOCK, A. L.; BAUMAN, D. E.; GIPSON, T. A.; REN, F. Z.; ZENG, S. S. Short communication: Effects of milk fat depression induced by a dietary supplement containing *trans*-10, *cis*-12 conjugated linoleic acid on properties of semi-hard goat cheese. *Journal of Dairy Science*, v. 92, n. 6, p. 2534-2538, 2009.

CHIERICE, G. O.; CLARO NETO, S. Aplicação industrial do óleo. In: AZEVEDO, D. M. P.; LIMA, E. F. (Ed.) *O Agronegócio da mamona no Brasil*. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2001. p. 89-120.

CHIN, S. F.; LIU, W.; STORKSON, J. M.; HA, Y. L.; PARIZA, M. W. Dietary sources of conjugated dienoic isomers of linoleic acid, a newly recognized class of anticarcinogens. *Journal of Food Composition and Analysis*, v. 5, p. 185-196, 1992.

CHILLIARD, Y.; FERLAY, A.; ROUEL, J.; LAMBERET, G. A review of nutritional and physiological factors affecting goat milk lipid synthesis and lipolysis. *Journal of Dairy Science*, v. 86, p. 1751-1770, 2003.

CHOUINARD, P.Y.; CORNEAU, L.; BUTLER, W.R.; CHILLIARD, Y.; DRACKLEY, J. K.; BAUMAN, D. E. Effect of dietary lipid source on conjugated linoleic acid concentrations in milk fat. *Journal of Dairy Science*, v. 84, p. 680-690, 2001.

CIE - Commission Internationale de l'Éclairage. *Colorimetry*. Vienna: CIE publication, 2 ed., 1996.

CORL, B. A.; BAUMGARD, L. H.; DWYER, D. A.; GRIINARI, J. M.; PHILLIPS, B. S.; BAUMAN, D. E. The role of  $\Delta^9$ -desaturase in the production of *cis*-9, *trans*-11 CLA. *Journal of Nutritional Biochemistry*, v. 12, p. 622-630, 2001.

COSTA, R. G.; QUEIROGA, R. C. R. E.; PEREIRA, R. A. G. Influência do alimento na produção e qualidade do leite de cabra. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 38, p. 307-321, 2009 (Supl, especial).

COSTA, R. G.; MESQUITA, I. V. U.; QUEIROGA, R.C.R.E.; MEDEIROS, A. N. et al. Características químicas e sensoriais do leite de cabras moxotó alimentadas com diferentes níveis de silagem de maniçoba (*Manihot glaziovii* muel arg). *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, v. 37, p. 694-702, 2008.

COULON, J. B.; DELACROIX-BUCHET, A.; MARTIN, B.; PIRISI, A. Relationships between ruminant management and sensory characteristics of cheeses: a review. *Lait*, v. 84, p. 221-241, 2004.

DANTAS, M. B.; CONCEIÇÃO, M. M.; SANTOS, I. M. G.; ATHAYDE FILHO, P. F.; SOUZA, A. G. de. Estudo Térmico e Reológico do Óleo e Biodiesel de Gergelim. In: Congresso Norte-Nordeste de Química, 2007.

DELACROIX-BUCHET, A.; LAMBERET, G. Sensorial properties and typicity of goat dairy products. In: International Conference on Goats. Tour/France, 2000. *Proceedings...* Tours, p. 559-563, 2000.

DHIMAN, T.R.; SATTER, L.D.; PARIZA, M.W. et al. Conjugated linoleic acid (CLA) content of milk from cows overed diets rich in linoleic and linolenic acid. *Journal of Dairy Science*, v. 83, p. 1016-1027, 2000.

ELLEUCH, M.; BESBES, S.; ROISEUX, O.; BLECKER, C.; ATTIA, H. Quality characteristics of sesame seeds and by-products. *Food Chemistry*, v. 103, p. 641-650, 2007.

EMBRAPA ALGODÃO. *Gergelim cultura no Trópico Seminário Nordestino*. Circular Técnica n.º 18 julho/1994 - Campina Grande – Paraíba, 1994.

ERKKILA, A.; MELLO, V. D. F. de; RISÉRUS, U.; LAAKSONEN, D. E. Dietary fatty acids and cardiovascular disease: An epidemiological approach. *Progress in Lipid Research*, v. 47, p. 172-187, 2008.

EVANS, M. E.; BROWN, J. M.; McINTOSH, M. K. Isomer-specific effects of conjugated linoleic acid (CLA) on adiposity and lipid metabolism. *Journal of Nutritional Biochemistry*, New York, v. 13, n. 9, p. 508-516, 2002.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations (2010). Disponível em <<http://www.faostat.fao.org>> Acesso em 23.05.2011.

FARIA, E. V.; YOTSUYANAGI, K. *Técnicas de Análise Sensorial*. ITAL/LAFISE Campinas, 2002. 116p.

FERNANDES, M. F.; QUEIROGA, R. C. R. E.; MEDEIROS, A. N.; COSTA, R. G.; BOMFIM, M. A. D.; BRAGA, A. A. Características físico-químicas e perfil lipídico do leite de cabras mestiças Moxotó alimentadas com dietas suplementadas com óleo de semente de algodão ou de girassol. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 37, n. 4, p. 703-710, 2008.

FOLCH, J.; LEES, M.; STANLEY, G. H. S. A simple method for isolation and purification of total lipids from animal tissues. *Journal Biological Chemistry*, v. 226, p. 497-509, 1957.

FOX, P. F. *Cheese: chemistry, physics and microbiology*. London: General aspects, v.1, 1993.

FOX, P. F.; McSWEENEY, P. L. H. *Dairy Chemistry and Biochemistry*. Springer Verlag, 478p. 1998.

FREIRE, R. M. M.; SEVERINO, L. S.; MACHADO, O. L. T. Ricinoquímica e co-produtos. In: AZEVEDO, D. M. P.; BELTRÃO, N. E. M. (eds). *Agronegócio da mamona no Brasil*. 2 ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2006. p. 501-529.

GALINA, M. Differences in quality among Zebu or goat cheese manufactured from grazing or indoor animals. In: *Proceedings Cheese Art 2004. 6<sup>th</sup> International Meeting Mountain Cheese*, Ragusa, Donnafugata Castle, Ragusa, Italy. Session 2:13, June 1–2, 2004.

GIVENS, D. I.; KHEM, K. E.; GIBBS, R. A. The role of meat as a source of n-3 polyunsaturated fatty acids in the human diet. *Meat Science*, v. 74, n. 1, p. 209-218, 2006.

GODOI, C. R.; PORTILHO, E. F. Qualidade do leite de cabra. *PUBVET*, Londrina, v.3, n.11, Ed.72, Art.545, 2009. Disponível em: [www.pubvet.com.br/artigos\\_det](http://www.pubvet.com.br/artigos_det). Acesso em: 28/05/2011.

GRIINARI, J. M.; BAUMAN, D. E. Biosynthesis of conjugated linoleic acid and its incorporation into meat and milk in ruminants. Pages 180-200 in *Advances in Conjugated Linoleic Acid Research*. Vol. 1. eds. *Am. Oil Chem. Soc. Press*, Champaign, IL, 1999.

HAENLEIN, G. F. W. Goat milk in human nutrition. *Small Ruminant Research*, v. 51, n. 1, p. 155-163, 2004.

HAENLEIN, G. F. W. Chemistry and nutrition of goat milk. In: Park, Y.W., Haenlein, G.F.W. (Eds.), *Handbook of Milk of Non-Bovine Mammals*. Blackwell Publishing, Oxford, pp. 34-58, 2006.

HARFOOT, C.G.; HAZLEWOOD, G.P. Lipid metabolism in the rumen. In: *THE RUMEN MICROBIAL ECOSYSTEM*, 1997. London. *Anais...* London: Chapman and Hall, London, v. 2, p. 382-426, 1997.

HARTMAN, L.; LAGO, R. C. A. *Rapid preparation of fatty acids methyl esters*. London: Laboratory Practice, v. 22, p. 475-476, 1986.

HASLER, C. The changing face of functional foods. *Journal of the American College of Nutrition*, v. 19, n. 5, p. 499S-506S, 2000.

HOSSENLOPP, J. *L'évaluation sensorielle appliquée aux produits laitiers*. CIDIL, Paris, França, 1995. 180p.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. [base de dados na internet] Censo Agropecuário: banco de dados, 2010. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/estadosat>.

JENKINS, T. C.; WALLACE, R. J.; MOATE, P. J. Recent advances in biohydrogenation of unsaturated fatty acids within the rumen microbial ecosystem. *Journal of Animal Science*, v. 86, p. 397-412, 2008.

JIANG, J.; BJOERCK, L.; FONDEN, R. et al. Occurrence of conjugated *cis*-9, *trans*-11 octadecenoic acid in bovine milk: effects of feed and dietary regimen. *Journal of Dairy Science*, v. 79, p. 438-445, 1996.

JOHNSON, M.; LAW, B. A. The origins, development and basic operations of cheesemaking technology. In: LAW, B. A., ed. *Technology of cheesemaking*. Boca Raton: CRC, 1999. p. 1-32.

KAHYAOGLU, T.; KAYA, S. Modelling of moisture, color and texture changes in sesame seeds during the conventional roasting. *Journal of Food Engineering*, v. 75, p. 167-177, 2006.

KATIKI, L. M.; BONASSI, I. A.; ROÇA, R. O. Aspectos físico-químicos e microbianos do queijo maturado por mofo obtido da coagulação mista com leite de cabra congelado e coalhada congelada. *Ciência Tecnologia de Alimentos*, v. 26, n. 4, p. 740-743, 2006.

KELLY, M. L.; BAUMAN, D. E. Conjugated linoleic acid: a potent anticarcinogen found in milk fat. In: CORNELL NUTRITIONAL CONFERENCE, 1996, Ithaca. *Anais...* Ithaca: p. 68-74, 1996.

KELLY, M. L.; BERRY, J. R.; DWYER, D. A. et al. Dietary fatty acid sources affect conjugated linoleic acid concentrations in milk from lactating dairy cows. *Journal of Nutrition*, v.128, p.881-885, 1998.

KOZLOSKI, G. V. Bioquímica dos ruminantes. Santa Maria: Ed. UFSM, 2002. 140 p.

LANA, R. P.; CAMARDELLI, M. M. L.; QUEIROZ, A. C. Óleo de soja e própolis na alimentação de cabras leiteiras. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 34, n. 2, p. 650-658, 2005.

LARSSON, S.; BERKGVIST, C.; WOLK, A. High-fat dairy food and conjugated linoleic acid intakes in relation to colorectal cancer incidence in the Swedish Mammography cohort. *American Journal of Clinical Nutrition*, v. 82, p. 894-900, 2005.

LIMA JÚNIOR, V de. Exigências nutricionais de caprinos da raça Canindé suplementados em pastejo na caatinga. 2010. 97f. Tese de doutorado (Doutorado em Zootecnia do Centro de Ciências Agrárias). Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2010.

LOBATO-CALLEROS, C.; VERNON-CARTER, E. J.; GUERRERO-LEGARRETA, I.; SORIANO-SANTOS, J.; ESCALONA-BEUNDIA, H. Use of fat blends in cheese analogs: Influence on sensory and instrumental textural characteristics. *Journal of Texture Studies*, v. 28, p. 619-632, 1997.

LORENZI, H. *Cnidoscylus phyllacanthus* (M. Arg.) Pax & K. Hoffm. In: *Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil*. Nova Odessa: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, v. 2, 1998.

LUCEY, J. A.; JOHNSON, M. E.; HORNE, D. S. Invited Review: Perspectives on the Basis of the Rheology and Texture Properties of Cheese. *Journal Dairy Science*, v. 86, p. 2725-2743, 2003.

LUNA, P.; JUAREZ, M.; De La FUENTE, M. A. Conjugated linoleic acid content and isomer distribution during ripening in three varieties of cheeses protected with designation of origin. *Food Chemistry*, v. 103, p. 1465-1472, 2007.

LUNA, P.; BACH, A.; JUÁREZ, M.; de La FUENTE, M. A. Influence of diets rich in flax seed and sunflower oil on the fatty acid composition of ewes' milk fat especially on the level of conjugated linoleic acid, n-3 and n-6 fatty acids. *International Dairy Journal*, v. 18, p. 99-107, 2008.

MACHADO, G. M.; COSTA, R. G. B.; PAULA, J. C. J.; PAIVA, P. H. C.; TAVEIRA, L. B. Viabilidade tecnológica do uso de ácido láctico na fabricação de queijo de coalho. *Rev. Inst. Laticínios Cândido Tostes*, v. 66, n 379, p. 1-15, 2011.

MAIA, G. M. *Caatinga: árvores e arbustos e suas utilidades*. São Paulo: D & Z Computação Gráfica e Editora, 413 p. 2004.

MAIA, F. J.; BRANCO, A. F.; MOURO, G. F.; CONEGLIAN, S. M.; SANTOS, G. T.; MINELLA, T. F.; GUIMARÃES, K. C. Inclusão de fontes de óleo na dieta de cabras em lactação: produção, composição e perfil dos ácidos graxos do leite. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 35, n. 4, p. 1504-1513, 2006.

MARTINS, A. P. L. Factores tecnológicos e qualidade do queijo de pequenos ruminantes. Sociedade Portuguesa de Ovinotecnia e Caprinotecnia. In: *Jornada sobre qualidade e*

*segurança alimentar dos produtos de pequenos ruminantes*, Torres Vedras, 2001. Coletânea da SPOC, v. 10, n. 1, p. 13-40.

MARTINS, A. P. L.; VASCONCELOS, M. M. A qualidade do queijo fabricado com leite cru. Efeito dos principais factores tecnológicos. *Rev. Soc. Portuguesa de Pastagens e Forragens*, v. 24/25, cap. 2, p. 15-33, 2003.

MATO GROSSO DO SUL. Lei nº 2.820, de 4 de maio de 2004. Dispõe sobre o processo de produção de queijo artesanal Caipira. *Diário Oficial*, Campo Grande, 2004.

McGUIRE, M. & McGUIRE, M. Conjugated linoleic acid (CLA): A ruminant fatty acid with beneficial effects on human health. *Proceedings American Society Animal Science*, 2000. <http://www.asas.org/jas/symposia/proceedings/0938.pdf>

McSWEENEY, P. L. H.; SOUSA, M. J. Biochemical pathways for the production of flavour compounds in cheeses during ripening: A review. *Le Lait - Dairy Science and Technology*, v. 80, n. 3, p. 293-324, 2000.

MEDEIROS, S. R. *Uso de lipídios na dieta de ruminantes*. Informe Técnico - *Macal Nutrição Animal*, Campo Grande, 2007.

MEDEIROS, E. J. L.; QUEIROGA, R. C. R. E.; SOUZA, A. G.; CORDEIRO, A. M. T. M.; MEDEIROS, A. N.; SOUZA, D. L.; MADRUGA, M. S. Thermal and quality evaluation of vegetable oils used in ruminant feed. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, Online First, 2012. doi: 10.1007/s10973-012-2653-3.

MESSENS, W.; VAN de WALLE, D.; AREVALO, J.; DEWETTINCK, K.; HUYGHEBAERT, A. Rheological properties of high-pressure-treated Gouda cheese. *International Dairy Journal*, v. 10, p. 359-367, 2000.

MORAND-FEHR, P.; FEDELE, V.; DECANDIA, M.; LE FRILEUX, Y. Influence of farming and feeding systems on composition and quality of goat and sheep milk. *Small Ruminant Research*, v. 68, p. 20-34, 2007.

MOURÃO, D. M.; MONTEIRO, J. B. R.; COSTA, N. M. B. et al. Ácido linoléico conjugado e perda de peso. *Brazilian Journal of Nutrition*, v. 18, p. 391-399, 2005.

MUNCK, A. V. Queijo de coalho - Princípios básicos de fabricação. In: Congresso Nacional de Laticínios, v. 21, Juiz de Fora, 2004. *Anais ... Juiz de Fora: EPAMIG/ILCT*, p. 13-15, 2004.

NASSU, R. T.; ARAÚJO, R. S.; BORGES, M. F.; LIMA, J. R.; MACEDO, B. A.; LIMA, M. H. P.; BASTOS, M. S. R. Diagnóstico das condições de processamento de produtos regionais derivados do leite no Estado do Ceará. Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, CE. *Boletim de pesquisa e desenvolvimento*, 2001. 28p. ISSN 1677-1907.

Norma ASTM D445. *Standard Test Method for Kinematic Viscosity of Transparent and Opaque Liquids (and Calculation of Dynamic Viscosity)*. ASTM International, West Conshohocken, PA, 2003.

NRC – NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Nutrient Requirement of Small Ruminants*. Washington, DC: National Academic. 2007. 384p.

OLIVEIRA, S. G.; SIMAS, J. M. C.; SANTOS, F. A. P. Principais aspectos relacionados às alterações no perfil de ácidos graxos na gordura do leite de ruminantes. *Archives of Veterinary Science*, v. 9, n. 1, p. 73-80, 2004.

OLIVEIRA, D. M.; PIMENTEL, L. A.; ARAÚJO, J. A. S.; MEDEIROS, R. M. T.; DANTAS, A. F. M.; RIET-CORREA, F. Intoxicação por *Cnidoscolus phyllacanthus* (Euphorbiaceae) em caprinos. *Pesq. Veterinária Brasileira*, v. 28, n. 1, p. 36-42, 2008.

PALMQUIST, D. L.; MATTOS, W. R. S. Metabolismo de lipídios. In: BERCHIELLI, T. T.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G. *Nutrição de ruminantes*. Jaboticabal, SP: Funep, Cap. 10, p. 299-322, 2011.

PARIZA, M. W. The biological activities of conjugated linoleic acid. In: *Advances in conjugated linoleic acid research*, n. 1, 1999, Champaign. *Anais...* Champaign: AOCS Press, 1999. p.12-20.

PEREIRA, R. A. G.; OLIVEIRA, C. J. B.; MEDEIROS, A. N.; COSTA, R. G.; BOMFIM, M. A. D.; QUEIROGA, R. C. R. E. Physicochemical and sensory characteristics of milk from goats supplemented with castor or licuri oil. *Journal of Dairy Science*, v. 93, n. 2, p. 456-462, 2010.

PEREZ, R. M. Perfil sensorial, físico-químico e funcional de queijo de coalho comercializado no município de Campinas, SP. 2005. Dissertação de mestrado (Faculdade de Engenharia de Alimentos). Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 2005.

PERRY, K. S. P. Queijos: aspectos químicos, bioquímicos e microbiológicos. *Química Nova*, v. 27, n. 2, p. 293-300, 2004.

PIPEROVA, L. S.; TETER, B. B.; BRUCKENTAL, I. et al. Mammary lipogenic enzyme activity, *trans* fatty acids and conjugated linoleic acids are altered in lactating dairy cows fed a milk fat depressing diet. *Journal of Nutrition*, v. 130, p. 2568-2574, 2000.

PRANDINI, A.; SIGOLO, S.; PIVA, G. A comparative study of fatty acid composition and CLA concentration in commercial cheeses. *Journal of Food Composition and Analysis*, v. 24, p. 55-61, 2011.

RIBEIRO, S. D. *Caprinocultura: criação racional de caprinos*. Editora Nobel. 1998. 320p.

RIBEIRO, C. V. D. M.; OLIVEIRA, D. E.; JUCHEM, S. O.; SILVA, T. M.; NALÉRIO, E. S. Fatty acid profile of meat and milk from small ruminants: a review. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 40, supl. especial, p.121-137, 2011.

RUBINO, R.; CHILLIARD, Y. Relationship between feeding system and goat milk and cheese quality. EAAP. In: 54<sup>th</sup> Annual Meeting, Rome, 2003, p. 341.

RYNNE, N. M.; BERESFORD, T. P.; KELLY, A. L.; GUINEE, T. P. Effect of milk pasteurization temperature and in situ whey protein denaturation on the composition, texture and heat-induced functionality of half-fat Cheddar cheese. *International Dairy Journal*, v. 14, p. 989-1001, 2004.

SANTOS, F. L.; SILVA, M. T. C.; LANA, R. P. et al. Efeito da Suplementação de Lipídios na Ração sobre a Produção de Ácido Linoléico Conjugado (CLA) e a Composição da Gordura do Leite de Vacas. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 30, p. 1931-1938, 2001.

SANTOS, J. C. O. Physico-chemical and thermal analysis of the favelone and by-products (*Cnidioscolus phyllacanthus*). *Research Journal of Agronomy*, v. 1, n. 1, p. 18-21, 2007.

SANTOS, V. C.; EZEQUIEL, J. M. B.; MORGADO, E. da S.; PAZDIORA, R. D.; CEZIMBRA, I. M. Características quantitativas e rendimento de cortes da carcaça de cordeiros alimentados com subprodutos de oleaginosas. *Anais... I Congresso Brasileiro de Nutrição Animal*, Fortaleza – CE, 2008.

SANTOS, A. D. F.; TORRES, C. A. A.; RENNO, F. P.; DRUMOND, M. R. S.; FREITAS JR, J. E. Utilização de óleo de soja em rações para vacas leiteiras no período de transição: consumo, produção e composição do leite. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 38, n. 7, p. 1363-1371, 2009.

SANTOS, K. M. O.; BOMFIM, M. A. D.; VIEIRA, A. D. S.; BENEVIDES, S. D.; SAAD, S. M. I.; BURITI, F. C. A.; EGITO, A. S. Probiotic caprine Coalho cheese naturally enriched in conjugated linoleic acid as a vehicle for *Lactobacillus acidophilus* and beneficial fatty acids. *International Dairy Journal*, v. 24, p. 107-112, 2012.

SANZ SAMPELAYO, M. R.; CHILLIARD, Y.; SCHMIDELY, Ph.; BOZA, J. Influence of type of diet on the fat constituents of goat and sheep milk. *Small Ruminant Research*, v. 68, p. 42–63, 2007.

SAS - STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM. *User's guide: statistics*. Versão 6.12. Cary: North Carolina State University, 1996. 956p.

SAVY FILHO, A.; PAULO, E. M.; MARTINS, A. L. M.; GERIN, M. A. N. *Variedades de mamona do Instituto Agrônomo*. Campinas: Instituto Agrônomo, 1999. 12 p. (Boletim Técnico, 183).

SCHNEIDER, R. C. S.; BALDISSARELLI, V. Z.; TROMBETTA, F.; MARTINELLI, M.; CARAMÃO, E. B. Optimization of gas chromatographic–mass spectrometric analysis for fatty acids in hydrogenated castor oil obtained by catalytic transfer hydrogenation. *Analytica Chimica Acta*, v. 505, p. 223-226, 2004.

SCHOLZ, V.; SILVA, J. N. da. Prospects and risks of the use of castor oil as a fuel. *Biomass and Bioenergy*, v. 32, 95-100, 2008.

SHINGFIELD, K. J.; Chilliard, Y.; Toivonen, V.; Kairenius, P.; Givens, D. I. Trans fatty acids and bioactive lipids in ruminant milk. *Advances in Experimental Medicine and Biology*, v. 606, p. 3-65, 2008.

SIEBER, R.; COLLOMB, M.; AESCHLIMANN, A.; JELEN, P.; EYER, H. Impact of microbial cultures on conjugated linoleic acid in dairy products – a review. *International Dairy Journal*, v. 14, p. 1-15, 2004.

SILANIKOVE, N.; LEITNER, G.; MERIN, U.; PROSSER, C. G. Recent advances in exploiting goats milk: Quality, safety and production aspects. *Small Ruminant Research*, v. 89, p. 110-124, 2010.

SILVA, L. M. M.; AGUIAR, I. B. M.; DÉBORA, L. et al. Estresse hídrico e condicionamento osmótico na qualidade fisiológica de sementes de faveleira *Cnidoscolus quercifolius*. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 9, n. 1, p. 66-72, 2005.

SNIFFEN, C. J., O'CONNOR, J. D., VAN SOEST, P. J. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. *Journal of Animal Science*, v. 70, p. 3562-3577, 1992.

TSIPLAKOU, E.; ZERVAS, G. The effect of dietary inclusion of olive tree leaves and grape marc on the content of conjugated linoleic acid and vaccenic acid in the milk of dairy sheep and goats. *Journal Dairy Research*, v. 75, n. 3, p. 270-278, 2008.

VAN NIEUWENHOVE, C. P.; OLISZEWSKI, R.; GONZÁLEZ, S. N.; CHAIA, A. B. P. Influence of bacteria used as adjunct culture and sunflower oil addition on conjugated linoleic acid content in buffalo cheese. *Food Research International*, v. 40, p. 559-564, 2007.

VASCONCELOS, H. E. M.; LEITE, E. R. Ovinocaprinocultura: Oportunidades e limitações para o desenvolvimento sustentável dos sistemas de produção de agricultores familiares do Nordeste. In: CONGRESSO NORDESTINO DE PRODUÇÃO ANIMAL, 2. SIMPÓSIO NORDESTINO DE ALIMENTAÇÃO DE RUMINANTES. 2000. Fortaleza. *Anais...* Fortaleza- SNPA, p. 361-365, 2000.

VERDIER-METZ, I.; MARTIN, B.; HULIN, S.; FERLAY, A.; PRADEL, P.; COULON, J. B. Combined influence of cow diet and pasteurisation of the milk on sensory properties of French PDO cantal cheese. In: CIDIL (Ed.), CDR, 26<sup>th</sup> IDF World Dairy Congress Congrilaite, Paris, 2002.

WEIMER, P. Manipulating ruminal fermentation: a microbial ecological perspective . *Journal Animal Science*, v. 76, p. 3114-3122, 1998.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os capítulos dos resultados e discussão estão apresentados sob a forma de três artigos originais, de acordo com as normas específicas de cada periódico, intitulados:

ARTIGO 1 – “Thermal and quality evaluation of vegetable oils used in ruminant feed”.

Publicado no periódico: *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*

DOI 10.1007/s10973-012-2653-3. Received: 17 April 2012 / Accepted: 17 August 2012 /

Published online: 22 september 2012.

ARTIGO 2 – “Sensory profile and physicochemical parameters of cheese from dairy goats fed vegetable oils in the Brazilian semiarid”.

Submetido ao periódico: *Small Ruminant Research* em setembro de 2012.

ARTIGO 3 – Perfil de ácidos graxos do queijo de cabras leiteiras alimentadas com dietas enriquecidas com óleos vegetais de mamona, gegerlim e faveleira.

Artigo elaborado seguindo as normas do periódico *Livestock Science*.

**ARTIGO 1**

“Thermal and quality evaluation of vegetable oils used in ruminant feed”

---

*Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*

ISSN 1388-6150 / Fator de impacto: 1,604 / Qualis Capes (ano base 2012): B1

DOI 10.1007/s10973-012-2653-3

Received: 17 April 2012 / Accepted: 17 August 2012 / Published online: 22 september 2012

# Thermal and quality evaluation of vegetable oils used in ruminant feed

Ertha Janine Lacerda de Medeiros · Rita de Cássia Ramos do Egypto Queiroga ·  
Antônio Gouveia de Souza · Angela Maria Tribuzy de M. Cordeiro ·  
Ariosvaldo Nunes de Medeiros · Darklê Luiza de Souza · Marta Suely Madruga

Received: 17 April 2012 / Accepted: 17 August 2012  
© Akadémiai Kiadó, Budapest, Hungary 2012

**Abstract** Dairies add fat supplements to the diets of small ruminants to increase energy production and consequently the production and quality nutritional and sensorial of the milk. This study investigated the thermal and oxidative stability of babassu, castor, faveleira, and sesame oils by TG/DTA and PDSC. The profile of the fatty oils studied was determined by GC–MS as well as physicochemical characteristics. The thermogravimetric profile of the oils indicated that mass loss was caused by the decomposition or volatility of the triacylglycerides. Faveleira and sesame oils showed a high percentage of polyunsaturated fatty acids, especially C18:2. From a nutritional standpoint, unsaturated oils are more suitable

supplements for animals because they promote biochemical changes beneficial to human health.

**Keywords** Vegetable oils · Fatty acids · Thermal analysis · PDSC

## Introduction

There are numerous promising oilseeds available for the production of vegetable oils in Brazil. The supplementation of goat and sheep feed with vegetable oils has been shown to promote changes in the chemical, physical, and sensory parameters of meat and milk, and supplementation is especially useful for producing food compounds beneficial to human health [1]. The use of vegetable oils, which contain linoleic and linolenic fatty acids, in animal feed is an effective means of increasing the concentration of conjugated linoleic acid (CLA) present in milk or meat [2, 3].

Among the numerous sources of vegetable oil present in the semiarid region of northeastern Brazil, faveleira oil (*Cnidoscolus quercifolius* or *Cnidoscolus phyllacanthus*), which is obtained from a shrub native to the region, castor oil (*Ricinus communis* L.), babassu oil (*Orbignya phalerata* Mart.), and sesame oil (*Sesamum indicum* L.) stand out. All four sources are easily grown in the region, and they have good lipid contents [4–8].

The seeds of faveleira (50–70 % oil) stand out due to the presence of unsaturated fatty acids, especially linoleic acid (C18: 2 n6 *cis*), which accounts for 41.6 % of linoleic [4]. Castor seeds show crude oil levels ranging from 35 to 55 %, where 90 % is ricinoleic acid (C18: 1 *cis*-9,12-OH), giving this oil typical features, such as high viscosity over a wide range of temperatures, oxidative stability, a low

E. J. L. de Medeiros (✉) · A. M. T. de M. Cordeiro ·  
M. S. Madruga  
Post-graduation Program in Science and Food Technology,  
Technology Center, Federal University of Paraíba (PPGCTA/  
CT/UFPB), Campus I, João Pessoa 58059-900, Brazil  
e-mail: erthajanine@yahoo.com.br

M. S. Madruga  
e-mail: msmadruga@uol.com.br

R. de Cássia Ramos do Egypto Queiroga  
Department of Nutrition, Center for Health Sciences,  
Federal University of Paraíba (DN/CCS/UFPB), Campus I,  
João Pessoa 58059-900, Brazil

A. G. de Souza  
Laboratory of Fuels and Materials, Department of Chemistry,  
Center for Science and Nature, Federal University of Paraíba  
(LACOM/DQ/SCHS/UFPB), Campus I, João Pessoa 58059-900,  
Brazil

A. N. de Medeiros · D. L. de Souza  
Doctoral Degree Program in Animal Science, Department  
of Animal Science, Agricultural Science Center, Federal  
University of Paraíba (PDIZ/CCA/UFPB), Campus II, Areia,  
PB 58397-000, Brazil

freezing point, and total solubility in low-molecular-weight alcohols [5].

Babassu seeds are 62 % oil [6] and have a diversified fatty acid profile. Lauric acid (44 %), which facilitates the production of babassu biodiesel, has excellent physical and chemical properties [7]. Sesame seeds, which contain up to 60 % oil and 17–23 % protein, produce oil rich in unsaturated fatty acids [8]. In addition, despite its instauration degree, sesame oil is chemically stable due to the presence of antioxidants such as sesamin, sesamolin, and sesamol [9].

Thermal stability to oxidation is an important parameter for vegetable oils. Thus, thermal analysis techniques, such as thermogravimetry (TG) and pressurised differential scanning calorimetry (PDSC), have been widely used to evaluate and establish the thermooxidative parameters of oils and vegetable fats [10–12]. This study aimed to evaluate the physicochemical characteristics, fatty acids profiles, and thermal and thermooxidative stabilities of four vegetable oils (faveleira, sesame, castor, and babassu) extracted from plants grown in the semiarid region of northeastern Brazil that may be used to supplement the diet of dairy goats.

## Experimental

### Materials

Faveleira and sesame oils, which were cold pressed under proper conditions of hygiene and storage, were purchased in the municipality of Várzea, state of Paraíba, from a local producer. Castor oil was purchased from *Bom Brasil Óleo de Mamona Ltda* (Salvador, Bahia, Brazil), and Babassu oil was acquired from *Diamante* (Caxias, Maranhao, Brazil). All oils were stored in amber vials under refrigeration until utilised.

### Methods

#### *Physicochemical characterisation of the oils*

Physicochemical analysis of density was performed according to procedure 920.212 of the AOAC [13]. Determination of the chemical and physical indexes of the oils followed AOCS standards [14] as follows: acidity index (method Cd 3d-63); peroxide index (method Cd 8b-90); saponification index (method Cd 3-25); iodine value, according to the Wijs process (method Cd 1-25); and refractive index (Abbe Refractometer, ANALYTIK JENA) (Method Cc 7-25).

Determination of kinematic viscosity was performed according to procedure D445 of the ASTM [15]. A kinematic

glass viscometer (AVS 350, Schott-Geräte, Germany), standardised at 40 °C and  $k = 0.2326 \text{ mm}^2 \text{ s}^{-1}$ , was used.

#### *Analysis of the fatty acid profile of the oils*

For the analysis of fatty acids, saponification, and esterification of 0.5 g of oil was carried out according to the method of Hartman and Lago [16].

The esterified samples were analysed with a gas chromatograph (Varian 430-GC) with a flame ionisation detector (FID) and fused silica capillary column (CP WAX 52 CB Varian,  $60 \times 0.25 \text{ mm}^2$  and  $0.25 \mu\text{m}$  film thickness). Helium was used as the carrier gas (flow rate  $1 \text{ mL min}^{-1}$ ). The initial oven temperature was 100 °C; it was programmed to reach 240 °C, increasing  $2.5 \text{ °C per minute}$  for 20 min. The injector and detector temperatures were maintained at 250 and 260 °C, respectively.

An aliquot of  $1.0 \mu\text{L}$  of each esterified extract was injected into a split/splitless type injector at 250 °C, and the chromatograms were recorded using Galaxie Chromatography Data System software. Fatty acids were identified by comparing the retention time of the methyl esters with Supelco ME19-Kit standards (Fatty Acid Methyl Esters C6-C24). The results were quantified by standardisation of the areas of methyl esters and are expressed as percentages of the area.

#### *Thermal analysis*

The thermogravimetric curves (TG/DTA) of the oils were obtained with a model SDT 2960 simultaneous thermal analyser (TA Instruments). The tests were carried out using approximately 10 mg of each sample in an aluminium pan under a synthetic air atmosphere; the flow rate was  $110 \text{ mL min}^{-1}$ , the heating rate was  $10 \text{ °C min}^{-1}$ , and the heating ramp went from 25 to 600 °C.

#### *Pressurised differential scanning calorimetry: PDSC*

The PDSC curves of the samples were obtained using a model DSC Q1000 pressurised differential scanning calorimeter (TA Instruments). The tests were performed in the non-isothermal mode (from 25 to 600 °C) utilising a platinum crucible with approximately 10 mg of each sample under an oxygen atmosphere with an initial pressure of 203 psi (nearly 1,400 kPa) and a heating rate of  $10 \text{ °C min}^{-1}$ .

#### *Statistical analysis*

The results obtained were submitted to analysis of variance (ANOVA) followed by the Tukey test at a 5 % significance

**Table 1** Physicochemical data of vegetable oils

| Parameters                                                   | Vegetable oils             |                            |                            |                            |
|--------------------------------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
|                                                              | Faveleira                  | Sesame                     | Castor                     | Babassu                    |
| Acid value/g oleic acid/100 g <sup>-1</sup>                  | 4.33 ± 0.06 <sup>a</sup>   | 0.79 ± 0.02 <sup>b</sup>   | 0.78 ± 0.01 <sup>b</sup>   | 0.13 ± 0.02 <sup>b</sup>   |
| Peroxide index/meq 1000 g <sup>-1</sup>                      | 6.99 ± 1.44 <sup>c</sup>   | 10.02 ± 0.11 <sup>b</sup>  | 14.65 ± 1.40 <sup>a</sup>  | 6.01 ± 0.02 <sup>c</sup>   |
| Density at 25 °C/g cm <sup>-3</sup>                          | 0.9125 ± 0.01 <sup>c</sup> | 0.9182 ± 0.01 <sup>b</sup> | 0.9585 ± 0.00 <sup>a</sup> | 0.9179 ± 0.00 <sup>b</sup> |
| Kinematic viscosity at 40 °C/mm <sup>2</sup> s <sup>-1</sup> | 37.96 ± 0.01 <sup>c</sup>  | 38.28 ± 0.02 <sup>b</sup>  | 287.12 ± 0.08 <sup>a</sup> | 33.32 ± 0.01 <sup>d</sup>  |
| Saponification index/mg KOH g <sup>-1</sup>                  | 121.28 ± 0.40 <sup>b</sup> | 120.23 ± 0.42 <sup>b</sup> | 98.05 ± 0.21 <sup>c</sup>  | 158.42 ± 3.39 <sup>a</sup> |
| Iodine value/g I <sub>2</sub> 100 g <sup>-1</sup>            | 109.79 ± 1.49 <sup>b</sup> | 119.06 ± 1.36 <sup>a</sup> | 88.32 ± 0.13 <sup>c</sup>  | 23.57 ± 1.10 <sup>d</sup>  |
| Refraction index at 25 °C                                    | 1.469 ± 0.00 <sup>b</sup>  | 1.469 ± 0.00 <sup>b</sup>  | 1.477 ± 0.00 <sup>a</sup>  | 1.445 ± 0.00 <sup>c</sup>  |

Different letters in the same line indicate significant differences between samples at the 95 % confidence level in the Tukey test

level to compare differences between the averages obtained for the evaluation of the physicochemical properties of the oils. Data were analysed using the Statistical Analysis System (SAS) software version 6.12 [17].

## Results and discussion

The physicochemical compositions of the oils are shown in Table 1. All of them displayed low acidity levels except for the faveleira oil (4.33 g oleic acid 100 g<sup>-1</sup>). The peroxide index was lower than 15.0 meq 1000 g<sup>-1</sup> for all of the oils. The low acidity and peroxide indexes indicate good conservation states, and they are within the limits established by official agencies [18, 19]. The high acidity of faveleira oil may be associated with handling and storage conditions.

Hui [20] has reported that the acidity index is a variable closely related to the quality of the raw material, processing conditions, and especially the fat storage conditions. As animal feed is the link between biodiesel production and livestock, oils with an acidity index below 3 g oleic acid 100 g<sup>-1</sup> are suitable for use in animal feed [19].

Most cakes or meals made with oilseeds that have been used for biodiesel production in Brazil are likely to be used in animal feed; however, there may be differences in the attributes of oilseeds because of their handling or processing before being delivered to the animals, the presence of toxic or anti-nutritional factors, storage practices, and the quality of the oil supplied [21].

Castor oil has unique physical and chemical properties due to the presence of a particular fatty acid, ricinoleic acid (C18: 1*cis*9, 12-OH), which contains one more oxygen atom, due to the presence of a hydroxyl group (OH) attached to carbon 12, and a double bond strategically positioned at carbon 9 of its 18-carbon chain. These features give castor oil a higher density (0.9585 g<sup>-1</sup> cm<sup>3</sup>) and viscosity (287.12 mm<sup>2</sup> s<sup>-1</sup>) than other vegetable oils [22].

The density (0.9125 g<sup>-1</sup> cm<sup>3</sup>) and viscosity (37.96 mm<sup>2</sup> s<sup>-1</sup>) of faveleira oil measured in this study are similar to results reported by Santos [4], and the corresponding values for sesame and babassu oils are in accordance with resolution No. 482 of the National Health Surveillance Agency (ANVISA) [18].

The saponification index of babassu oil was 158.42 mg KOH g<sup>-1</sup>, which was the highest among the oils evaluated, because babassu oil is composed of fatty acids of lower average molecular weights. In other studies [4, 18, 19, 23], the variation in the saponification indexes of sesame (187–195 mg KOH g<sup>-1</sup>), babassu (245–256 mg KOH g<sup>-1</sup>), faveleira (280.7 mg KOH g<sup>-1</sup>), and castor oils (181.8 mg KOH g<sup>-1</sup>) were higher than those found in this study.

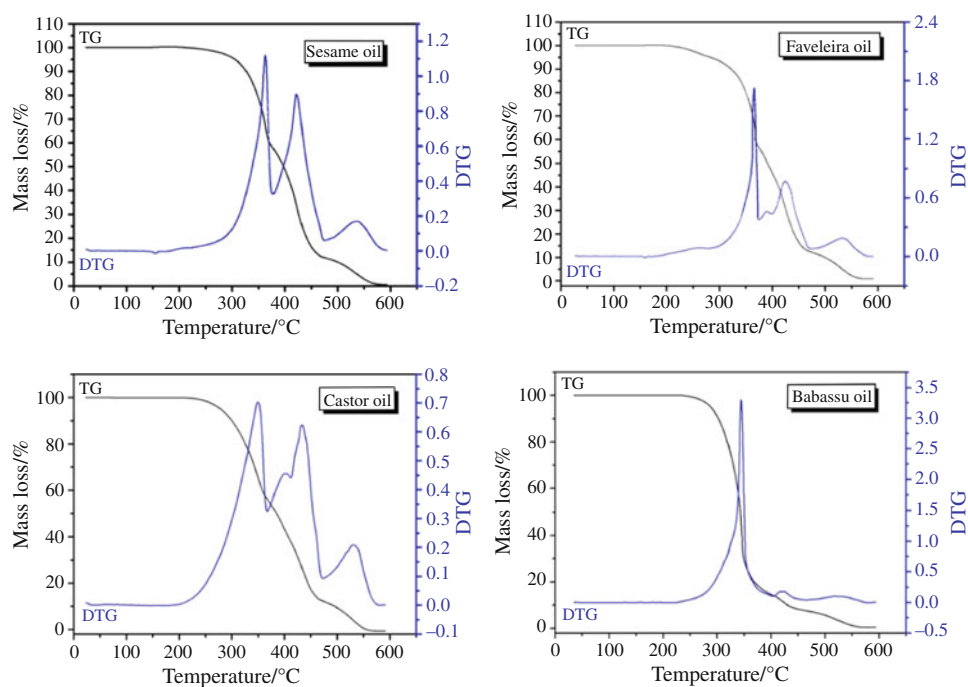
The lowest iodine value was found for babassu oil (23.57 g I<sub>2</sub> 100 g<sup>-1</sup>), followed by castor oil (88.32 g I<sub>2</sub> 100 g<sup>-1</sup>). The least saturated oils, faveleira, and sesame, showed higher iodine values of 109.79 and 119.06 g I<sub>2</sub> 100 g<sup>-1</sup>, respectively, which was expected. Vegetable oils with large amounts of oleic acid in their composition have iodine values between 80 and 110, and those with high linoleic acid content have iodine values greater than 110 g I<sub>2</sub> 100 g<sup>-1</sup> [20]. Iodine values lower than 110 g I<sub>2</sub> 100 g<sup>-1</sup> are found in palm (50–60.00 g I<sub>2</sub> 100 g<sup>-1</sup>), peanut (80–106.00 g I<sub>2</sub> 100 g<sup>-1</sup>) and cottonseed oils (99–119.00 g I<sub>2</sub> 100 g<sup>-1</sup>), and iodine values higher than 110 g I<sub>2</sub> 100 g<sup>-1</sup> are found in soybean (120–143.00 g I<sub>2</sub> 100 g<sup>-1</sup>), corn (103–128.00 g I<sub>2</sub> 100 g<sup>-1</sup>), sunflower (110–143.00 g I<sub>2</sub> 100 g<sup>-1</sup>), and canola oils (110–126.00 g I<sub>2</sub> 100 g<sup>-1</sup>) [18].

The refraction index appears to be one of the most important parameters in the analysis of oils, as its values range within very narrow limits, making it a useful tool for determining a product's identity. According to the AOCS [14], the refraction indexes of babassu, sesame, and castor oils are 1.448 to 1.451, 1.465 to 1.469, and 1.473 to 1.477, respectively. The refraction index increases with the

**Table 2** Fatty acid profile of vegetable oils

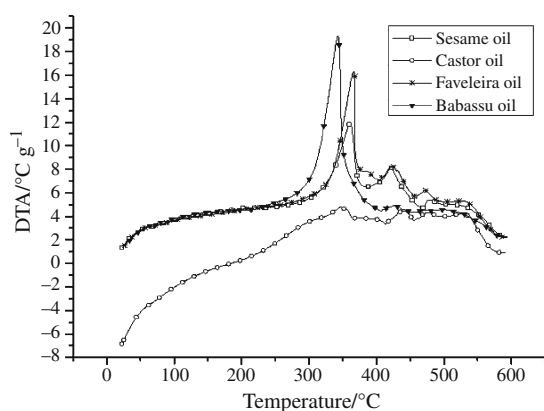
| Fatty acid                         | Common name        | Vegetable oils |        |        |         |
|------------------------------------|--------------------|----------------|--------|--------|---------|
|                                    |                    | Faveleira      | Sesame | Castor | Babassu |
| Saturated fat                      |                    | 33.32          | 14.90  | 6.63   | 84.94   |
| C6:0                               | Caproic acid       | nd             | nd     | 0.01   | 0.19    |
| C8:0                               | Caprylic acid      | nd             | nd     | 0.01   | 5.14    |
| C10:0                              | Capric acid        | nd             | nd     | 0.01   | 5.20    |
| C11:0                              | Undecylic acid     | nd             | nd     | nd     | 0.03    |
| C12:0                              | Lauric acid        | 0.01           | 0.02   | 0.10   | 44.69   |
| C13:0                              | Tridecylic acid    | 0.19           | 0.28   | 0.18   | 0.35    |
| C14:0                              | Mirystic acid      | 0.29           | 0.02   | 0.01   | 16.35   |
| C16:0                              | Palmytic acid      | 21.70          | 9.58   | 2.95   | 9.11    |
| C17:0                              | Margaric acid      | 0.02           | 0.04   | 0.02   | 0.02    |
| C18:0                              | Stearic acid       | 10.39          | 4.49   | 3.18   | 3.75    |
| C19:0                              | Nonadecylic acid   | 0.02           | 0.01   | 0.03   | nd      |
| C20:0                              | Arachidic acid     | 0.50           | 0.27   | 0.02   | 0.07    |
| C21:0                              | Heneicosanoic acid | 0.01           | 0.01   | 0.01   | nd      |
| C22:0                              | Behenic acid)      | 0.11           | 0.13   | 0.06   | 0.02    |
| C23:0                              | Tricosanoic acid   | 0.02           | 0.02   | 0.01   | 0.01    |
| C24:0                              | Lignoceric acid    | 0.03           | 0.02   | nd     | nd      |
| Unsaturated fat                    |                    | 66.68          | 85.10  | 93.37  | 15.06   |
| MUFA (monounsaturated fatty acids) |                    | 1.69           | 36.58  | 79.71  | 14.34   |
| C16:1                              | Palmitoleic acid   | 0.11           | 0.05   | nd     | 0.02    |
| C18:1                              | Oleic acid         | 1.58           | 36.53  | 7.89   | 14.32   |
| C18:1 <i>cis</i> 9, 12-OH          | Ricinoleic acid    | nd             | nd     | 71.82  | nd      |
| PUFA (polyunsaturated fatty acids) |                    | 64.99          | 48.52  | 13.66  | 0.72    |
| C18:2                              | Linoleic acid      | 63.87          | 48.18  | 12.38  | 0.70    |
| C18:3                              | Linolenic acid     | 1.12           | 0.34   | 1.28   | 0.02    |

nd not detected

**Fig. 1** Thermogravimetric curves (TG/DTG) of sesame, faveleira, castor, and babassu oils

**Table 3** Values obtained from the TG/DTA curves of vegetable oils

| Oil       | TG–dynamic |                |             |
|-----------|------------|----------------|-------------|
|           | Step       | Temperature/°C | Mass loss/% |
| Babassu   | 1st        | 228–401        | 86          |
|           | 2nd        | 401–463        | 7           |
|           | 3rd        | 463–572        | 7           |
| Castor    | 1st        | 199–368        | 44          |
|           | 2nd        | 368–412        | 18          |
|           | 3rd        | 412–473        | 25          |
|           | 4th        | 473–579        | 13          |
| Faveleira | 1st        | 189–279        | 5           |
|           | 2nd        | 279–375        | 39          |
|           | 3rd        | 375–400        | 10          |
|           | 4th        | 400–469        | 34          |
|           | 5th        | 469–581        | 12          |
| Sesame    | 1st        | 165–378        | 42          |
|           | 2nd        | 378–475        | 46          |
|           | 3rd        | 475–594        | 12          |

**Fig. 2** Differential thermal analysis (DTA) curves of castor, babassu, sesame, and faveleira oils

number of carbon atoms and with the existence of hydroxyl groups or double bonds, which stand out when they are conjugated. The refraction index for faveleira oils has not

yet been defined; however, the value of 1.469 found in this study is the same as that found for sesame oil.

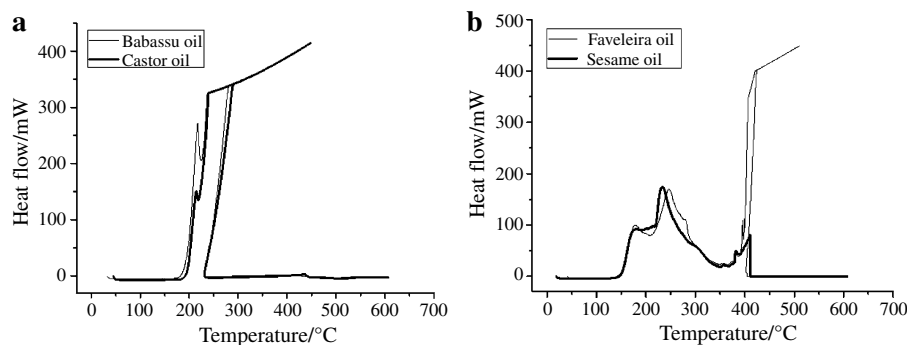
In the chromatograms analysed, a predominance of unsaturated fatty acids was observed in all of the oils except for babassu oil, in which saturated fatty acids were predominant (Table 2). Babassu oil consisted of 84.94 % saturated fatty acids, especially lauric (44.69 %), myristic (16.35 %), and palmitic (9.11 %) acids, while oleic acid (14.32 %) was the most abundant unsaturated fatty acid. Similar values have been reported by Urioste et al. [24].

From a nutritional standpoint, the fatty acids desirable for health are unsaturated. The castor (93.37 %), sesame (85.10 %), and faveleira (66.68 %) oils all had high levels of unsaturated fatty acids. The castor oil had the highest percentage of monounsaturated fatty acids due to the high level of ricinoleic acid (71.82 %), which is characteristic of this vegetable oil. Among the polyunsaturated fatty acids, linoleic acid was found in the greatest concentration in faveleira oil (63.87 %) and sesame oil (48.18 %). Unsaturated fatty acids, which are characteristic of vegetable products, are beneficial to human health.

Other authors have identified similar fatty acid percentages in faveleira [4], sesame [25, 26], and castor oils [23, 27, 28].

The TG/DTG curves depicting the thermal behaviour of the oils analysed are shown in Fig. 1. The TG/DTG curves of babassu oil show three stages of mass loss, but the oil remained stable up to 228 °C (Table 3). The greatest mass loss (86 %) occurred in the first stage of thermal decomposition, finishing at 401 °C, possibly due to the predominance of saturated fatty acids, especially lauric, myristic, and palmitic acids, according to the fatty acid profiles obtained in this study. Faria et al. [29] reported temperature stability only below 180 °C, and a higher temperature for final decomposition (440 °C).

The thermal decomposition of castor oil shown in the TG/DTG curves occurred in four stages, with 87 % of the mass loss in the first three steps (from 199 to 473 °C) and final decomposition at 579 °C, with a mass loss of 13 %. The decomposition or volatilisation of ricinoleic acid, a

**Fig. 3** PDSC non-isothermal curves of: **a** babassu and castor oils; and **b** faveleira and sesame oils

major constituent of castor oil, is attributed to the first stages of mass loss. These events corroborate the results obtained by Conceição et al. [30].

The TG/DTG curves of faveleira oil indicate five mass loss stages. Thermal-decomposition began at 189 °C, with a mass loss of approximately 5 %, probably due to impurities in the crude oil. The significant losses occurred in steps 2 and 3, in the range from 279 to 400 °C, with 49 % mass loss and 64.99 % polyunsaturated fatty acid loss (Table 2). In steps 4 and 5, the remaining 46 % of the mass was lost, which was attributed to the decomposition of the saturated and monounsaturated fatty acids.

The TG/DTG curves of sesame oil show three mass loss steps. Decomposition began at 165 °C, with a mass loss of 42 %. The other steps occurred between 378 and 475 °C and between 475 and 594 °C, with mass losses of 46 and 12 %, respectively, which were attributed to volatilisation or decomposition of the triacylglycerols initially from unsaturated fatty acids and subsequently from short-chain fatty acids.

The oxidative stability of a substance is defined as its ability to resist oxidation. This resistance is expressed by the induction period, which is the time in hours from the beginning of measurement to the appearance of primary oxidation products, where heat exposure associated with the oxidation process and hydrolytic rancidity can affect the refraction index and contribute to increasing oil acidity [31], as in the faveleira oil analysed.

Differential thermal analyses (DTA) of the oils indicate exothermic events in all oil matrices, confirming the occurrence of oxidative decomposition (Fig. 2).

PDSC is a variation of DSC that measures the release of energy of the oxidation reaction when a sample is submitted to a given temperature and pressure programme, and it has been the analytical tool of choice for the evaluation of oils and lubricants [32]. Through the PDSC non-isothermal curves, we verified that the babassu and castor oils showed higher oxidation temperatures than the faveleira and sesame oils, which were due to the thermal stability of these oil matrices. From this analysis, we determined the oxidation temperatures and evaluated the oils' resistance to oxidative processes. The PDSC curves of castor and babassu oils indicate the beginning of thermal oxidation at 196 °C (Fig. 3a). This can be attributed to the presence of high levels of saturated fatty acids in the babassu oil, and although the castor oil contained high levels of unsaturated fatty acids, the predominance of ricinoleic acid provided increased oxidative stability to the oleaginous matrix, as its chemical structure has an –OH group at carbon 12 and a double bond at carbon 9 (C18:1 *cis*9, 12-OH). The low oxidation onset temperatures (OOT) of the sesame and faveleira oils, 151 and 155 °C, respectively (Fig. 3b), were due to the high levels of unsaturated fatty acids.

## Conclusions

The results of thermal analysis, oxidation by PDSC and information obtained about the chemical composition of babassu, castor, sesame, and faveleira oils indicate that castor and babassu oils have the greatest resistance to oxidation. Sesame, faveleira, and castor oils showed high percentages of unsaturated fatty acids, confirming that they are promising sources for the enrichment of the diets of small ruminants.

**Acknowledgements** The National Council for Scientific and Technological Development (CNPq) provided financial support, and the Foundation for Research Support of the State of Amazonas (FAPEAM) granted the scholarship. The food chemistry laboratories of the Department of Nutrition, Laboratory of Food Science, Department of Food Engineering, and the Laboratory of Fuels and Materials (LACOM), both of the Federal University of Paraíba, João Pessoa, PB, provided research support.

## References

1. Queiroga RCRE, Maia MO, Medeiros AN, Costa RG, Pereira RAG, Bomfim MAD. Produção e composição química do leite de cabras mestiças Moxotó sob a suplementação com óleo de licuri ou de mamona. *Rev Bras Zootec.* 2010;39:204–9.
2. Chouinard PY, Corneau L, Butler WR, Chilliard Y, Drackley JK, Bauman DE. Effect of dietary lipid source on conjugated linoleic acid concentrations in milk fat. *J Dairy Sci.* 2001;84:680–90.
3. Bernard L, Shingfield KJ, Rouel J, Ferlay A, Chilliard Y. Effect of plant oils in the diet on performance and milk fatty acid composition in goats fed diets based on grass hay or maize silage. *Br J Nutr.* 2009;101:213–24.
4. Santos JCO, Dantas JP, Medeiros CA, Athaide-Filho PF, Conceição MM, Santos JR Jr, Souza AG. Thermal analysis in sustainable development—thermoanalytical study of faveleira seeds (*Cnidoscolus Quercifolius*). *J Therm Anal Calorim.* 2005;79:271–5.
5. Berman P, Nizri S, Wiesman Z. Castor oil biodiesel and its blends as alternative fuel. *Biomass Bioenerg.* 2011;35:2861–6.
6. Santos NA, Rosenhaim R, Dantas MB, Bicudo TC, Cavalcanti EHS, Barro AK, Santos IMG, Souza AG. Rheology and MT-DSC studies of the flow properties of ethyl and methyl Babassu biodiesel and blends. *J Therm Anal Calorim.* 2011;106(2):501–6. doi:10.1007/s10973-011-1394-z.
7. Santos NA, Tavares MLA, Rosenhaim R, Silva FC, Fernandes VJ, Santos IMG, Souza AG. Thermogravimetric and calorimetric evaluation of Babassu biodiesel obtained by the methanol route. *J Therm Anal Calorim.* 2007;87:649–52.
8. Uzun B, Arslan C, Karhan M, Toker C. Fat and fatty acids of white lupin (*Lupinus albus* L.) in comparison to sesame (*Sesamum indicum* L.). *Food Chem.* 2007;102:45–9.
9. Suja KP, Abraham JT, Thamizh SN, Jayalekshmy A, Arumughan C. Antioxidant efficacy of sesame cake extract in vegetable oil protection. *Food Chem.* 2004;84:393–400.
10. López-Beceiro J, Artiaga R, Gracia C, Tarrío-Saavedra J, Naya S, Mier JL. Comparison of olive, corn, soybean and sunflower oils by PDSC. *J Therm Anal Calorim.* 2011;104:169–75.
11. Santos JCO, Santos IMG, Conceição MM, Porto SL, Trindade MFS, Souza AG, Prasad S, Fernandes VJ Jr, Araújo AS. Thermoanalytical, kinetic and rheological parameters of commercial edible vegetable oils. *J Therm Anal Calorim.* 2004;75:419–28.

12. Sharma BK, Stipanovic AJ. Development of a new oxidation stability test method for lubricating oils using high-pressure differential scanning calorimetry. *Thermochim Acta*. 2003;402:1.
13. AOAC. Association of official analytical chemists. Official methods of analysis. Washington, DC: AOAC; 2000. p. 1018.
14. AOCS. Official methods and recommended practices of the American Oil Chemists' Society. 6th ed. Champaign: American Oil Chemists Society; 2009.
15. Norma D445 American Society of Testing and Materials. Standard test method for kinematic viscosity of transparent and opaque liquids (and calculation of dynamic viscosity). West Conshohocken: ASTM International; 2003.
16. Hartman L, Lago RCA. Rapid preparation of fatty acids methyl esters. London: Laboratory Practice 1986;22:475–6.
17. SAS. Statistical Analysis System. User's guide: statistics. Versão 6.12. Cary: North Carolina State University; 1996.
18. Brasil-Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária: ANVISA; Resolução n° 482, de 23 de setembro de 1999, seção 1, 82–87.
19. Codex alimentarius. Norma del codex para aceites vegetales especificados. In: Food and Agriculture Organization of the United Nations. Codex stan 210. 2005. [http://www.codexalimentarius.net/download/standards/336/CXS\\_210s.pdf](http://www.codexalimentarius.net/download/standards/336/CXS_210s.pdf). Accessed 17 June 2010.
20. Hui YH. Handbook of food science, technology, and engineering. Boca Raton: CRC Press; 2006.
21. Abdalla AL, Silva Filho JC, Godoi AR, Carmo CA, Eduardo JLP. Utilização de subprodutos da indústria de biodiesel na alimentação de ruminantes. *Rev Bras Zootec*. 2008;37:258–60.
22. Scholz V, Silva JN. Prospects and risks of the use of castor oil as a fuel. *Biomass Bioenerg*. 2008;32:95–100.
23. Canoira L, Galeán JG, Alcántara R, Lapuerta M, García-Contreras R. Fatty acid methyl esters (FAMES) from castor oil: production process assessment and synergistic effects in its properties. *Renew Energ*. 2010;35:208–17.
24. Urioste D, Castro MBA, Biaggio FC, Castro HF. Síntese de padrões cromatográficos e estabelecimento de método para dosagem da composição de ésteres de ácidos graxos presentes no biodiesel a partir do óleo de babaçu. *Quim Nova*. 2008;31(2): 407–12.
25. Abou-Gharbia HA, Shehata AAY, Shahidi F. Effect of processing on oxidative stability and lipid classes of sesame oil. *Food Res Int*. 2000;33:331–40.
26. Were BA, Onkware AO, Gudu S, Welander M, Carlsson AS. Seed oil content and fatty acid composition in East African sesame (*Sesamum indicum* L.) accessions evaluated over 3 years. *Field Crops Res*. 2006;97:254–60.
27. Schneider RCS, Baldissarelli VZ, Trombetta F, Martinelli M, Caramão EB. Optimization of gas chromatographic–mass spectrometric analysis for fatty acids in hydrogenated castor oil obtained by catalytic transfer hydrogenation. *Anal Chem Acta*. 2004;505:223–6.
28. Martín C, Moure A, Martín G, Carrillo E, Domínguez H, Parajó JC. Fractional characterisation of jatropha, neem, moringa, tri-sperma, castor and candlenut seeds as potential feedstocks for biodiesel production in Cuba. *Biomass Bioenerg*. 2010;34:533–8.
29. Faria EA, Leles MIG, Ionashiro M, Zuppa TO, Antoniosi Filho NR. Estudo da estabilidade térmica de óleos e gorduras vegetais por TG/DTG e DTA. *Eclét. Quím.(online)*. 2002; 27. doi:10.1590/s0100-46702002000100010.
30. Conceição MM, Fernandes VJ Jr, Araújo AS, Farias MF, Santos IMG, Souza AG. Thermal and oxidative degradation of castor oil biodiesel. *Energ Fuels*. 2007;21(3):1522–7.
31. Epaminondas PS, Araújo KLG, Nascimento JA, Silva MCD, Rosenhaim R, Soledade LEB, Queiroz N, Souza AL, Santos IMG, Souza AG. Influence of toasting and the seed variety on the physico-chemical and thermo-oxidative characteristics of the flaxseed oil. *J Therm Anal Calorim*. 2011;106:545–50.
32. Santos NA, Santos JRJ, Sinfrônio FSM, Bicudo TC, Santos IMG, Antoniosi Filho NR, Fernandes VJ Jr, Souza AG. Thermo-oxidative stability and cold flow properties of babassu biodiesel by PDSC and TMDSC. *J Therm Anal Calorim*. 2009;97(2):611–4.

## ARTIGO 2

“Sensory profile and physicochemical parameters of cheese from dairy goats fed vegetable oils in the Brazilian semiarid”.

## **Sensory profile and physicochemical parameters of cheese from dairy goats fed vegetable oils in the Brazilian semiarid**

Ertha Janine Lacerda de Medeiros<sup>1</sup>, Rita de Cássia Ramos do Egypto Queiroga<sup>2</sup>, Ariosvaldo Nunes de Medeiros<sup>3</sup>, Marco Aurélio Delmondes Bomfim<sup>4</sup>, Ana Sancha Malveira Batista<sup>5</sup>, Suênia Samara dos Santos Félex<sup>1</sup>, Marta Suely Madruga<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Graduate Program in Science and Food Technology, Department of Foods Engineering, Technology Center, Federal University of Paraíba (PPGCTA / DEA / CT / UFPB), Campus I, 58.059-900, Joao Pessoa, Paraíba, Brazil.

<sup>2</sup>Departament of Nutrition, Center for Health Sciences, Federal University of Paraíba (DN / CCS / UFPB), Campus I, 58.059-900, Joao Pessoa, Paraíba, Brazil.

<sup>3</sup>Departament of Animal Science, Agricultural Science Center, Federal University of Paraíba (DZ / CCA / UFPB), Campus II, 58.397-000, Areia, Paraíba, Brazil.

<sup>4</sup>National Center for Goat and Sheep Research, Embrapa, 62.011-970, Sobral, Ceara, Brazil.

<sup>5</sup>Departament of Animal Science, State University of Vale Acarau, 62.040-370, Sobral, Ceara, Brazil.

\*Corresponding author. Tel: + 55-83-3216-7576. Fax: + 55-83-3216-7119. *E-mail address:* [mismadruga@uol.com.br](mailto:mismadruga@uol.com.br) (M.S. Madruga)

### **Abstract**

The supplementation of vegetable oils in the diets of dairy goats may enhance goat breeding for milk in the Brazilian semiarid, thereby contributing to improved nutritional and sensory qualities of goat milk and cheese. Cheese was made from milk of crossbred Saanen x French

Alpine goats fed diets containing 4% vegetable oils (faveleira oil, sesame oil or castor oil), and physicochemical parameters, texture profile, colour and fatty acids of the goat cheeses were analysed. The sensory attributes of the goat cheese were analysed using quantitative descriptive analyses. The cheeses exhibited similar physicochemical and sensory attributes ( $P > 0.05$ ) regardless of the animals' diets. For cheeses made from the milk of goats fed sesame oil, the hardness was lower, and the cheeses were softer than the control ( $P < 0.05$ ). Faveleira oil and sesame oil positively affected the fatty acid profile of the cheese. In general, the addition of different oils to the diets of dairy goats did not promote changes in the sensory quality of the cheese produced and can be used as a dietary supplement.

Keywords: colourimetry, goat cheese, sensory, texture, vegetable oil.

## **1. Introduction**

In Europe, goat cheese is much appreciated, and its consumption is part of the local culture, which is not the case in Brazil. In studying the acceptability of goat cheese, Bessa et al. (2009) studied goat cheese typical of a mountainous region in Portugal and observed pleasant organoleptic characteristics. Morand-Fehr et al. (2004) suggested that fresh goat cheese has a gentler and more attractive goat flavour for most consumers. Pizzillo et al. (2005) studied ricotta cheese made from the milk of different goat breeds, and they observed greater textural softness and lower granularity.

Because of its nutritional characteristics, researchers have attempted to improve the physicochemical characteristics of goat milk, especially by inducing changes through addition of different sources of fat in the diets of dairy goats (Queiroga et al., 2010). In this context, vegetable oils have been used to increase dietary energy density and to improve the quality of

goat milk and its derivatives. However, there are limiting factors in the use of vegetable oils in the diets of ruminants. The oil content should not exceed 7% of the ethereal extract in dry matter (NRC, 2007).

Some studies have reported positive effects of lipid supplementation on milk quality in goats. Sanz Sampelayo et al. (2007) reported that lipid supplementation in dairy goats causes no changes in energy consumption or milk production but significantly increases the fat content of milk in most cases. In addition, the presence of unsaturated fatty acids in feed may have positive effects, such as inhibiting the production of methane and ammonia in the rumen and increasing the efficiency of microbial synthesis (Mohammed et al., 2004). Several studies have shown that dietary supplementation with fodder and oils improves the quality and sensory attributes of milk (Bernard et al., 2009; Chilliard et al., 2003; Palmquist and Griinari, 2006) and cheese (Cabiddu et al., 2006; Coppa et al., 2011; Galina et al., 2007).

Few studies have addressed the effects of ruminant diets on the sensory quality of cheese. Agabriel et al. (2004) and Carpino et al. (2004) reported that softer, creamier, springier and yellower cheeses with a more intense odour and more acidic taste are made with milk from cows fed balanced feed and grass. Nevertheless, the effects on cheese quality of vegetable oils in the diets of dairy goats still require study.

Among the existing lipid sources, faveleira oil (*Cnidocolus quercifolius* or *C. phyllacanthus*), sesame oil (*Sesamum indicum* L.) and castor oil (*Ricinus communis* L.) have received special attention for their wide applicability, availability and high levels of unsaturated fatty acids, but their effects as supplements in animal diets and on changes in cheese attributes are still poorly understood.

Therefore, the objectives of the present study were as follows: to evaluate the effect of supplementation of three vegetable oils (faveleira, sesame and castor) on the milk composition of dairy goats raised in Brazilian semiarid region and to characterise rheological

properties, colour, fatty acids and sensory properties of goat cheese produced from different dietary treatments.

## 2. Materials and Methods

### 2.1. Cheese samples and production technology

The cheese was made from the milk of crossbred Saanen x French Alpine goats, which were hand milked, kept in confinement and fed diets prepared according to NRC (2007) requirements. Four diets were used in the study: Treatment 1, basal diet without the addition of vegetable oil to the dry matter; Treatment 2, basal diet plus 4% faveleira oil; Treatment 3, basal diet plus 4% sesame oil; and Treatment 4, basal diet plus 4% castor oil.

The trial lasted 76 days and followed a Latin square design (4 x 4) with four processing periods as repetitions. In each period, the cheeses were made using 10 L of goat milk per treatment, and they were pasteurised at 65 °C ( $\pm 1$  °C) for 30 min followed by cooling to 37 °C ( $\pm 2$  °C) and coagulation with additives in the following sequence: 0.25 mL L<sup>-1</sup> 85% lactic acid solution; 0.1 g L<sup>-1</sup> lyophilised lactic starter culture with *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris* and *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* (Christian Hansen Ind. & Com. Ltd., Valinhos, SP, Brazil); 0.5 mL L<sup>-1</sup> 50% calcium chloride; and 0.9 mL L<sup>-1</sup> commercial coagulant (Ha-La<sup>®</sup>, Christian Hansen Ind. & Com. Ltd., Valinhos, SP, Brazil). After 40 min of rest, the curd was gently cut into cubes, drained, and salted in brine (9 g L<sup>-1</sup> NaCl). The cheese mass was then distributed into 250 g perforated moulds, pressed for 4-6 h at room temperature, vacuum packed and stored for maturation at 4  $\pm$  1 °C for 7 days, which is the minimum optimal maturation time for preservation of the technological characteristics and

sensory attributes of traditional curd cheese (Cavalcante et al., 2007). After this period, the colour, texture and sensory attributes were analysed.

## *2.2. Physicochemical analysis*

Physicochemical analyses were performed in accordance with the following procedures recommended by AOAC International (2000): 926.08 for moisture; 991.20 for protein; 989.04 for lipids; 935.42 for ash; 981.12 for pH; and 978.18 for water activity.

## *2.3. Texture analysis*

Texture profile analysis (TPA) were performed using a TA-XT2i texturometer (Stable Micro Systems, Surrey, UK) coupled to a stainless steel spherical probe (P/1S) 1 inch in diameter (Extralab Brazil, São Paulo, Brazil). Cheeses were cut into cylindrical shapes (50 mm in diameter and 25 mm in height) and analysed in triplicate for each treatment.

The conditions for texture analysis based on the procedure of Andrade et al. (2007) were as follows: 1.0 mm/s speed, 50% compression, 5.0 g contact force, and 5 s between cycles. The texture parameters of hardness, cohesiveness, adhesiveness, springiness and chewiness were analysed using Texture Expert for Windows 1.20 software (Stable Micro Systems).

## *2.4. Colourimetric analysis*

The determination of instrumental colour was performed on a CR-400 colourimeter (Minolta, Osaka, Japan) using the CIELAB system (CIE, 1996). Measurements were

performed in triplicate on the outside and inside of each piece of cheese immediately after unpacking.

### 2.5. *Fatty acid analysis*

For all the samples analysed, lipid extraction was performed according to the technique of Folch et al. (1957). For the analysis of fatty acids, saponification and esterification of the cheeses were performed according to the method of Hartman & Lago (1973).

The esterified samples were analysed with a gas chromatograph (Varian 430-GC) with a flame ionisation detector (FID) and fused silica capillary column (CP WAX 52 CB Varian; 60 mm x 0.25 mm, 0.25  $\mu\text{m}$  film thickness). Helium was used as the carrier gas (flow rate of 1 mL min<sup>-1</sup>). The initial oven temperature was 100 °C, and the temperature was programmed to reach 240 °C by increasing 2.5 °C per minute for 20 min. The injector and detector temperatures were maintained at 250 and 260 °C, respectively.

An aliquot (1.0  $\mu\text{L}$ ) of each esterified extract was injected into a split/splitless type injector at 250 °C, and the chromatograms were recorded using Galaxie Chromatography Data System software. Fatty acids were identified by comparing the retention time of the methyl esters with Supelco ME19-Kit standards (Fatty Acid Methyl Esters C6-C24). The results were quantified by standardisation of the areas of methyl esters and are expressed as percentages of the area.

### 2.6. *Sensory analysis*

This study was approved by the Research Ethics Committee under protocol number 154/2009. The panellists were chosen from among a group prepared and trained for more than 150 hours of sensory analysis of various types of cheese. Thirteen members were selected to define the descriptive terminology for the sensory attributes of goat cheese in more than three training sessions. The quantitative descriptive analysis (QDA) test was applied according to the methodology described by Faria and Yotsuyanagi (2002) and performed in three sessions with samples served refrigerated ( $4 \pm 1$  °C) in 2 x 2 x 2 cm cubes. The sensory attributes, including external appearance, odour, texture (hardness and springiness), basic taste (sour and salty), flavour and aftertaste (intensity and persistence), were evaluated using a 5-point intensity scale ranging from less intense to more intense for most attributes, except for external appearance (dry to moist), hardness (soft to hard) and springiness (less elastic to more elastic) (Hossenlopp, 1995).

## 2.7. Microbiological analysis

The analyses were performed on the basis of Official Analytical Methods for Microbiological Analysis for Control of Animal Products and Water as required by National Health Surveillance Agency (ANVISA) for *Staphylococcus aureus*, total coliform in food, thermotolerant coliform in food, *Salmonella* and *Listeria monocytogenes* (Brazil, 2001).

The microbiological quality of cheeses was monitored during the maturation phase, and the presence of *Staphylococcus aureus*, *Salmonella* spp. or *Listeria monocytogenes* was not detected at any time. Moreover, the total and thermotolerant coliform MPN (most probable number) remained less than 3 MPN/g indicating that the “curd type” goat cheese was pathogen-free and exhibited satisfactory microbiological quality, thereby allowing it to be used in the sensory analyses.

## 2.8. Statistical analysis

A simultaneous double Latin square ( $4 \times 4$ ) experimental design was used with eight animals randomly distributed into four treatments and four periods. The following statistical model was used in the analysis of the physicochemical data:

$$Y_{ijkl} = \mu + Q_i + T_j + P_k + A(i)l + QT_{ij} + \zeta_{ijk}$$

where  $Y_{ijkl}$  is the observation of goat  $j$  in period  $k$  submitted to treatment  $i$  with  $i, j$ , and  $k = 1, 2, 3, 4$ ;  $\mu$  is the general effect of the mean;  $Q_i$  is the effect of the Latin square with  $Q = 1, 2$ ;  $T_j$  is the effect of treatment  $j$  with  $j = 1, 2, 3, 4$ ;  $P_k$  is the effect of period  $k$ ;  $A$  is the effect of goat  $l$  in square  $i$  with  $l = 1, 2, 3, 4$ ;  $QT$  is the interaction of the effect of Latin square  $i$  with treatment  $j$ ; and  $\zeta_{ijk}$  is the random error associated with each observation  $Y_{ijkl}$ .

The statistical model of the sensory analysis data contained only the fixed effect of the treatment. Treatment means were compared by Tukey's test at 5% error probability using statistical software (SAS, 1996). A principal component analysis (PCA) was performed using sensory data, rheological parameters, physicochemical parameters and fatty acids.

## 3. Results and discussion

There were significant differences among the four treatments ( $P < 0.05$ ) for the pH, hardness, cohesiveness, colour  $a^*$  (internal) and colour  $b^*$  (external) parameters of goat cheese (Table 1).

The physicochemical composition of the cheeses was not affected ( $P > 0.05$ ) by the addition of vegetable oils to the diets of the goats. Similar results have been reported for cheese made from the milk of Saanen goats (Seifu et al., 2004) and for semi-hard cheese

made from the milk of Alpine goats (Zeng et al., 2007). Coppa et al. (2011) and Galina et al. (2007) showed that different dairy goat diet systems does not affect cheese composition (fat, protein and total solids). However, Galina et al. (2007) found significant differences ( $P < 0.05$ ) in cheese composition for total fat (12.3 and 16.9 g/100 g) and cholesterol levels (63.2 and 80.4 g/100 g) between pasture-raised goats and confined goats, respectively.

Cheeses with lower pH values, mainly values close to the casein isoelectric point, possess textures with high gumminess, and cheeses with higher pH values present a more plastic texture (Bhaskaracharya and Shah, 2001). In this context, the pH of the cheeses analysed varied among treatments ( $P < 0.05$ ) with higher pH values observed in cheeses from goats fed faveleira oil or castor oil. The goat milk also presented a more pronounced alkalinity and buffering capacity in comparison to cow milk, which is mainly related to the associated casein and phosphate systems (Galina et al., 2007). Low pH values make calcium phosphate micelles more soluble increasing the loss of soluble calcium of whey during the draining of curdled milk (Park, 2006).

There were significant differences in the hardness ( $P < 0.05$ ) of the cheeses. The cheese from the sesame oil treatment was softer compared to the control treatment, and the cheese from the faveleira oil and castor oil treatments exhibited intermediate values compared to the control and sesame oil treatments. The cohesiveness of the cheeses from the faveleira oil, castor oil and sesame oil treatments were not significantly different, but the cohesiveness values were higher than the cohesiveness value of the cheese from the control treatment ( $P < 0.05$ ), indicating that cheeses from the oil treatments were more cohesive. Nevertheless, the variation in hardness observed cannot be unequivocally attributed to the addition of oils to the diet and may be caused by variations in the final pH, which can affect cheese hardness. There were no significant differences among the treatments ( $P > 0.05$ ) for the other texture attributes analysed (adhesiveness, springiness and chewiness). The springiness values observed in the

present study were similar to those observed for probiotic Minas fresh cheese studied by Buriti et al. (2005).

The analysed goat cheeses exhibited high lightness values ( $L^*$ ) with component  $b^*$  predominant over component  $a^*$ . Lightness ( $L^*$ ) did not affect ( $P > 0.05$ ) the external or internal intensity of the white colour of cheeses from different treatments. The cheeses exhibited  $L^*$  values close to 100 ranging from 91.20 to 92.57. These values are associated with a more intense white colour most likely resulting from the lower diameter of fat globules in goat milk (3.5  $\mu\text{m}$  in goat milk vs. 4.5  $\mu\text{m}$  in cow milk) and the full conversion of  $\beta$ -carotene into vitamin A, which occurs in the metabolism of goats, as reported by Lucas et al. (2008).

The addition of vegetable oils to the diets may have positively influenced the instrumental colour parameters  $a^*$  and  $b^*$ , especially in sesame oil and castor oil treatments. Cheese from the castor oil treatment exhibited the highest values for  $b^*$  (yellowness). In fact, castor oil was the most yellow of all of the oils studied due to the presence of carotenoids in the oil (Famelart et al., 2006). Buffa et al. (2001) and Santos et al. (2011) reported similar  $L^*$ ,  $a^*$  and  $b^*$  values for the control treatment in a study of “curd type” goat cheese. The lightness ( $L^*$ ) value of the control treatment in the present study was higher than the one reported by Sheehan et al. (2009) for goat cheese (86.70), and the  $a^*$  values were similar in these studies. Pizzillo et al. (2005) studied ricotta cheese made from the milk of different goat breeds (Girgentana, Siriana, Maltese and Italian), and they reported results similar to those observed in the present study for lightness and component  $b^*$ .

Significant differences among treatments ( $P < 0.05$ ) were observed for hardness and external appearance (dry/moist) (Table 2). The other sensory attributes analysed did not vary between treatments ( $P > 0.05$ ). The sensory attributes of quality, which contribute to the

intensity of the parameters studied, had an average score of 2.55 on a scale from 1 to 5, thus indicating cheeses of intermediate quality.

For the external appearance, panellists thought cheeses from the castor oil and faveleira oil treatments appeared moister than those from the control and sesame oil treatments, but this perception could not be attributed to measurable differences in moisture among cheeses because the moisture content was not significantly different among treatments ( $P > 0.05$ ) (Table 1). Although there were no significant differences among treatments in aftertaste ( $P > 0.05$ ), panellists reported a marked persistence of goat flavour but did not attribute this flavour to the addition of vegetable oils to the diets of dairy goats. Using a 5-point sensory scale, Gonzalez et al. (2003) reported results similar to the results in the present study for the aftertaste quality and intensity of goat cheese with starter culture.

Pereira et al. (2010) reported that the inclusion of castor oil as a supplement in goat feed modifies the physicochemical characteristics of the milk, especially fat content, aside from accentuating the rancid flavour in the sensory profile. In contrast, the supplementation of vegetable oils in the diets of dairy goats did not affect the goat cheese sensory characteristics, which may have been due to technological factors resulting from the manufacturing process.

In the fatty acid profile of the goat cheeses, the highest area percentages were found for the C16:0, C18:1, C18:0, C14:0, C10:0, C12:0, C18:2 and C8:0 acids with a total area average of 91%. The levels of saturated fatty acids, including palmitic and lauric acids, were reduced ( $P < 0.05$ ) when sesame and faveleira oils were added to the diet of lactating goats. Similar results were observed by Chilliard et al. (2007) and Pereira et al. (2010), who reported that some vegetable oils in the diet of lactating goats, regardless of the fibre source, reflect a fatty acid profile of *novo* synthesis in mammary epithelial cells.

Only the total concentration of unsaturated fatty acids showed a significant difference ( $P < 0.05$ ) among the cheese samples (Table 1) revealing that supplementation with 4%

vegetable oils in the diet of dairy goats increased the percentage of fatty acids in cheese to a level considered beneficial to human health (Williams, 2000); this observation was especially detectable when sesame and faveleira oils were added to the diets. According to Jenkins and McGuire (2006), unsaturated fatty acids can alter the rumen fermentation of fibre by the toxic action of fibrolytic bacteria, which are involved in the biohydrogenation of polyunsaturated fatty acids. In the present study, the inclusion of oils rich in C18:2, such as faveleira oil (63.87%) and sesame oil (48.18%) (Medeiros et al., 2012), increased the rate of saturation stearic acid and, consequently, monounsaturated C18:1. However, this result differed from the result observed by Chilliard et al. (2007) and Bernard et al. (2009), who reported that a greater amount of linoleic acid inhibits the saturation of monounsaturated.

To identify the sensory attributes, physicochemical properties, rheological properties and fatty acids that contributed most to distinguish the differences among the samples of cheese from goats fed with diets containing different vegetable oils, a principal component analysis (PCA) was performed using the average values of the repetitions in a correlation matrix (Figure 1).

The results of the correlation matrix with the 2 components together accounted for 87.8% of the variability among the attributes and parameters analysed in the cheese samples, which indicated a high correlation between the intensity of goat flavour and aftertaste with the medium chain fatty acids (C10:0, C12:0 and C14:0) and short chain fatty acids, such as caprylic acid (C8:0). These results suggested that the goat flavour may be associated with the hydrolysis of these fatty acids, which is known to cause rancid flavour in these foods, but the rancid flavour is not sensorially perceived in cheeses due to the influence of the fermentation process. The presence of long chain fatty acids, such as C18:0, caused no significant differences ( $P > 0.05$ ) in the sensory attributes of the cheeses; this finding is important because these fatty acids are essential in evaluating the nutritional quality of products.

According to component 1, the texture parameters were positively correlated among the samples. Interestingly, the rheological parameters and sensory hardness inversely interacted with moisture in component 2 although they were not significantly different ( $P > 0.05$ ) from the moisture parameter in the cheeses as shown in Table 1, indicating that firmer cheese samples had the lowest moisture. The correlation of the cohesiveness of the cheeses supplemented with the addition of oils in the diet was confirmed by the principal component analysis. The pH of the control cheese (without oil) showed that the final pH was lower in the control compared to the other cheeses, which may have affected the hardness of the cheese and, consequently, attributed to the improved softness of the cheeses from the faveleira, sesame and castor oil treatments compared to the control cheese.

#### **4. Conclusions**

The inclusion of faveleira, sesame or castor oils had no effect on the physicochemical composition, but the addition of faveleira and sesame oils positively affected the fatty acid profile of cheese with a reduction of saturated fatty acids and an increase of unsaturated fatty acids. However, the addition of such oils did not cause a change in the rheological parameters and perceived sensory quality. The use of vegetable oils in the manipulation of goat diets may improve the dietary energy of dairy animals and, consequently, may increase the nutritional value without affecting the sensory characteristics of the cheese.

#### **Acknowledgements**

The authors are grateful to CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – Brazil) and MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - Brazil) for financial support (Edital MAPA - Process 578403/2008-0 e 578217/2008-2).

## References

- Agabriel, C., Martin, B., Sibra, C., Bonnefoy, J. C., Montel, M. C., Didienne, R., Hulin, S., 2004. Effect of dairy production system on the sensory characteristics of Cantal cheeses: a plant-scale study. *Anim. Res.*, 53, 221-234.
- Andrade, A. A. de, Rodrigues, M. do C. P., Nassu, R. T., Souza Neto, M. A. de., 2007. Instrumental measures of colour and texture in curd cheese. 15<sup>th</sup> Latin-American Congress of Food Analysts, Fortaleza, CE.
- AOAC, 2000. Official Methods of Analysis. Washington, USA: Association of Official Analytical Chemists International. 1018p.
- Bernard, L., Leroux, C., Faulconnier, Y., Durand, D., Shingfield, K. J., Chilliard, Y., 2009. Effect of sunflower-seed oil or linseed oil on milk fatty acid secretion and lipogenic gene expression in goats fed hay-based diets. *J. Dairy Res.*, 76, 241-248.
- Bhaskaracharya, R. K., Shah, N. P., 2001. Texture and microstructure of skim milk Mozzarella cheeses made using fat replacers. *Australian J. Dairy Techn.*, 56, 9-14.
- Bessa, R., Alves, M.; Ravasco, F., Vital, A., Duthoit, M., Miranda, R., Assis, G., Barbosa, M. 2009. Transmontano Goat Cheese. Deepening the characterization of the Serrano goat milk, transmontano ecotype and its respective PDO cheese. [Accessed on: 17 Feb. 2009]. Available at: <http://www.ancras.pt/pdf/2-2%20Manuela%20Barbosa.pdf>
- Brazil, 2001. Ministry of Agriculture, Livestock and Food Supply. Normative Instruction N. 30, of June 26, 2001. Technical Rules of Identity and Quality for Earth Butter or Bottled Butter, Curd Cheese and Butter Cheese. Official Gazette of the Federative Republic of Brazil, Brasilia, DF.

- Buffa, M. N., Trujillo, A. J., Paiva, M., Guamis, B., 2001. Changes in textural, microstructural, and colour characteristics during ripening of cheeses made from raw, pasteurized or high-pressure-treated goats' milk. *Intern.l Dairy J.*, 11, 927-934.
- Buriti, F. C. A., Rocha, J. S., Assis, E. G., Saad, S. M. I., 2005. Probiotic potential of Minas fresh cheese prepared with the addition of *Lactobacillus paracasei*. *Lebensm. Wiss. und Techn.*, 38, 173-180.
- Cabiddu, A., Addis, M., Pinna, G., Decandia, M., Sitzia, M., Piredda, G., Pirisi, A., Molle, G., 2006. Effect of corn and beet pulp based concentrates on sheep milk and cheese fatty acid composition when fed Mediterranean fresh forages with particular reference to conjugated linoleic acid *cis*-9, *trans*-1. *Anim. Feed Sci. Techn.*, 131, 292-311.
- Carpino, S., Horne, J., Melilli, C., Licitra, G., Barbano, D. M., Van Soest, P. J., 2004. Contribution of native pasture to the sensory properties of Ragusano cheese. *J. Dairy Sci.*, 87, 308-315.
- Cavalcante, J. F. M., Andrade, N. J., Furtado, M. M., Ferreira, C. L. L. F., Pinto, C. L. O., Elard, E., 2007. Manufacture of regional coalho type cheese by using pasteurized and standardized cow milk added with endogenous lactic acid culture. *Food Sci. Techn.*, 27, 205-214.
- Chilliard, Y., Glasser, F., Ferlay, A., Bernard, L., Rouel, J., Doreau, M., 2007. Diet, rumen biohydrogenation, cow and goat milk fat nutritional quality. *Europ. J. Lipid Sci. Techn.*, 109, 828-855.
- Chilliard, Y., Ferlay, A., Rouel, J., Lamberet, G., 2003. A review of nutritional and physiological factors affecting goat milk lipid synthesis and lipolysis. *J. Dairy Sci.*, 86, 1751-1770.
- CIE, 1996. Commission Internationale de l'Éclairage. (2th ed.) Vienna, Austria: CIE Colorimetry publication.

- Coppa, M., Verdier-Metz, I., Ferlay, A., Pradel, P., Didienne R., Farruggia, A., Montel, M.C., Martin, B., 2011. Effect of different grazing systems on upland pastures compared with hay diet on cheese sensory properties evaluated at different ripening times. *Intern. Dairy J.*, 21, 815-822.
- Famelart, M. H., Le Graet, Y., Michel, F., Richoux, R., Riaublanc, A., 2006. Évaluation des méthodes d'appréciation des propriétés fonctionnelles des fromages d'emmental de l'Ouest de la France. *Intern. J. Agric.*, 82, 225-245.
- Faria, E. V., Yotsuyanagi, K., 2002. Sensory Analysis Techniques. ITAL/LAFISE Campinas, SP. 116p.
- Folch, J., Lees, M., Stanley, G. H. S., 1957. A simple method for isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J. Biol. Chem.*, 226, 497-509.
- Galina, M. A., Osnaya, F., Cuchillo, H. M., Haenlein G. F. W., 2007. Cheese quality from milk of grazing or indoor fed Zebu cows and Alpine crossbred goats. *Small Rum. Res.*, 71, 264-272.
- Gonzalez, J, Mas, M., Tabla, R., Moriche, J., Roa, I., Rebollo, J. E., Cáceres, P., 2003. Autochthonous starter effect on the microbiological, physicochemical and sensorial characteristics of Ibore goat's milk cheeses. *Lait EDP Sci.*, 83, 193-202.
- Hartman L., Lago R. C. A., 1973. Rapid preparation of fatty acids methyl esters from lipids. *Laboratory Pratique*, 22, 475-476.
- Hossenlopp, J., 1995. L'évaluation sensorielle appliquée aux produits laitiers. CIDIL, Paris, France. 180p.
- Jenkins, T. C., McGuire, M. A., 2006. Major advances in nutrition: impact on milk composition. *J. Dairy Sci.*, 89, 1302-1310.

- Lucas, A., Rock, E., Agabriel, C., Chilliard, Y., Coulon, J. B., 2008. Relationships between animal species (cow versus goat) and some nutritional constituents in raw milk farmhouse cheese. *Small Rum. Res.*, 74, 243-248.
- Medeiros, E. J. L., Queiroga, R. C. R. E., Souza, A. G., Cordeiro, A. M. T. M., Medeiros, A. N., Souza, D. L., Madruga, M. S., 2012. Thermal and quality evaluation of vegetable oils used in ruminant feed. *J. Therm. Anal. and Calorim.*, Online First. doi: 10.1007/s10973-012-2653-3.
- Mohammed, N., Onodera, R., Itabashi, H., Lila, Z. A., 2004. Effects of ionophores, vitamin B6 and distiller's grains on in vitro tryptophan biosynthesis from indolepyruvic acid, and production of other related compounds by ruminal bacteria and protozoa. *Ani. Feed Sci. and Techn.*, 116, 301-311.
- Morand-Fehr, P., Boutonnet, J. P., Devendra, C., Dubeuf, J. P., Haenlein, G. F. W., Holst, P., Mowlem, L., Capote, J., 2004. Strategy for goat farming in the 21<sup>st</sup> century, 51, 175-183.
- NRC, 2007. National Research Council. Nutrient Requirement of Small Ruminants. Washington, DC: National Academic. 384p.
- Palmquist, D. L., Griinari, J. M., 2006. Milk fatty acid composition in response to reciprocal combinations of sunflower and fish oils in the diet. *Ani. Feed Sci. Techn.*, 131, 358-369.
- Park, Y. W., 2006. Goat milk - chemistry and nutrition. In Y.W. Park & G.F.W. Haenlein (Eds.), Handbook of milks of non bovine mammals. Ames, IO, USA: Blackwell Publishing. p.34-58.
- Pereira, R. A. G., Oliveira, C. J. B., Medeiros, A. N., Costa, R. G., Bomfim, M. A. D., Queiroga, R. C. R. E., 2010. Physicochemical and sensory characteristics of milk from goats supplemented with castor or licuri oil. *J. Dairy Sci.*, 93, 2, 456-462.

- Pizzillo, M., Claps, S., Cifuni, G. F., Fedele, V., Rubino, R., 2005. Effect of goat breed on the sensory, chemical and nutritional characteristics of ricotta cheese. *Livestock Produc. Sci.*, 94, 33-40.
- Queiroga, R. C. R. E., Maia, M. O., Medeiros, A. N., Costa, R. G., Pereira, R. A. G., Bomfim, M. A. D., 2010. Production and chemical composition of the milk from crossbred Moxotó goats supplemented with licuri or castor oil. *Braz. J. Ani. Sci.*, 39, 204-209.
- Santos, B. M., Oliveira, M. E. G. de, Madureira, A. R. M. F. M., Pintado, M. M. E., Souza, E. L., Queiroga, R. C. R. E., 2011. Quality and acceptance of goat Milk cheese “curd” with inclusion of cow milk. *Institute Adolfo Lutz*, 70, 67-73.
- Sanz Sampelayo, M. R., Chilliard, Y., Schmidely, Ph., Boza, J., 2007. Influence of type of diet on the fat constituents of goat and sheep milk. *Small Rum. Res.*, 68, 42-63.
- SAS, 1996. SAS/STAT User's Guide: statistics, Electronic version 6.2 Cary, USA.
- Seifu, E., Buys, E. M., & Donkin, E. F., 2004. Quality aspects of Gouda cheese made from goat milk preserved by the lactoperoxidase system. *Intern. Dairy J.*, 14, 581-589.
- Sheehan, J. J., Patel, A. D., Drake, M. A., Mcsweeney, P. L. H., 2009. Effect of partial or total substitution of bovine for caprine milk on the compositional, volatile, non-volatile and sensory characteristics of semi-hard cheeses. *Intern. Dairy J.*, 19, 498-509.
- Williams, C. M., 2000. Dietary fatty acids and human health. *Annales Zootech.*, 49, 165-180.
- Zeng, S. S., Soryal, K., Fekadu, B., Bah, B., Popham, T., 2007. Predictive formulae for goat cheese yield based on milk composition. *Small Rum. Res.*, 69, 180-186

**Table 1** – Mean and standard error of the physicochemical parameters, texture and colour of cheese from goats fed different vegetable oils.

| Parameters                   | Treatments <sup>1</sup> (Cheese) |                     |                     |                     | SEM   | Significance |
|------------------------------|----------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|-------|--------------|
|                              | Control<br>without oil           | Faveleira<br>oil    | Sesame<br>oil       | Castor<br>oil       |       |              |
| <i>Physicochemical</i>       |                                  |                     |                     |                     |       |              |
| Moisture (%)                 | 48.80                            | 48.45               | 49.65               | 49.74               | 0.464 | ns           |
| Protein (%)                  | 26.60                            | 25.31               | 26.00               | 26.54               | 0.292 | ns           |
| Lipids (%)                   | 23.35                            | 24.17               | 22.94               | 22.67               | 0.283 | ns           |
| Ash (%)                      | 3.28                             | 3.38                | 3.26                | 3.57                | 0.059 | ns           |
| Aw                           | 0.951                            | 0.950               | 0.960               | 0.956               | 0.003 | ns           |
| pH                           | 5.80 <sup>c</sup>                | 6.11 <sup>a</sup>   | 5.95 <sup>b</sup>   | 6.10 <sup>a</sup>   | 0.031 | *            |
| <i>Rheological</i>           |                                  |                     |                     |                     |       |              |
| Hardness (N)                 | 67.84 <sup>a</sup>               | 56.47 <sup>ab</sup> | 45.62 <sup>b</sup>  | 57.22 <sup>ab</sup> | 4.255 | *            |
| Cohesiveness (g)             | 0.62 <sup>b</sup>                | 0.68 <sup>a</sup>   | 0.70 <sup>a</sup>   | 0.68 <sup>a</sup>   | 0.001 | *            |
| Adhesiveness (g)             | -0.85                            | -0.93               | -1.77               | -0.62               | 0.002 | ns           |
| Springiness (g)              | 0.84                             | 0.82                | 0.86                | 0.86                | 0.001 | ns           |
| Chewiness (N)                | 38.21                            | 33.98               | 28.78               | 36.67               | 2.597 | ns           |
| <i>Colour<sup>2</sup></i>    |                                  |                     |                     |                     |       |              |
| L*(e)                        | 91.20                            | 91.62               | 91.20               | 91.73               | 0.234 | ns           |
| a*(e)                        | -2.90 <sup>a</sup>               | -3.24 <sup>ab</sup> | -3.28 <sup>b</sup>  | -3.62 <sup>c</sup>  | 0.081 | *            |
| b*(e)                        | 10.40 <sup>b</sup>               | 10.40 <sup>b</sup>  | 10.59 <sup>b</sup>  | 11.93 <sup>a</sup>  | 0.237 | *            |
| L*(i)                        | 92.33                            | 92.44               | 92.02               | 92.57               | 0.169 | ns           |
| a*(i)                        | -2.57 <sup>a</sup>               | -2.81 <sup>ab</sup> | -3.11 <sup>bc</sup> | -3.45 <sup>c</sup>  | 0.092 | *            |
| b*(i)                        | 9.45 <sup>c</sup>                | 9.47 <sup>c</sup>   | 10.53 <sup>b</sup>  | 11.55 <sup>a</sup>  | 0.246 | *            |
| <i>Fatty acids</i>           |                                  |                     |                     |                     |       |              |
| C8:0                         | 2.15                             | 1.88                | 2.07                | 2.02                | 0.048 | ns           |
| C10:0                        | 8.68 <sup>a</sup>                | 6.90 <sup>ab</sup>  | 6.38 <sup>b</sup>   | 8.02 <sup>ab</sup>  | 0.315 | *            |
| C12:0                        | 4.44 <sup>a</sup>                | 3.08 <sup>b</sup>   | 3.28 <sup>b</sup>   | 3.73 <sup>ab</sup>  | 0.143 | *            |
| C14:0                        | 11.03 <sup>a</sup>               | 8.35 <sup>c</sup>   | 9.14 <sup>bc</sup>  | 10.17 <sup>ab</sup> | 0.268 | *            |
| C16:0                        | 28.13 <sup>a</sup>               | 26.45 <sup>ab</sup> | 24.66 <sup>b</sup>  | 27.62 <sup>ab</sup> | 0.485 | *            |
| C18:0                        | 11.88 <sup>b</sup>               | 15.13 <sup>ab</sup> | 16.64 <sup>a</sup>  | 11.63 <sup>b</sup>  | 0.607 | *            |
| C18:1                        | 22.70 <sup>ab</sup>              | 25.61 <sup>a</sup>  | 25.70 <sup>a</sup>  | 18.88 <sup>b</sup>  | 0.875 | *            |
| C18:2                        | 2.77 <sup>b</sup>                | 3.48 <sup>a</sup>   | 3.35 <sup>a</sup>   | 2.57 <sup>b</sup>   | 0.095 | *            |
| Total saturated fatty acid   | 69.46                            | 64.27               | 64.92               | 66.46               | 0.801 | ns           |
| Total unsaturated fatty acid | 30.54 <sup>b</sup>               | 35.73 <sup>a</sup>  | 35.08 <sup>a</sup>  | 33.54 <sup>ab</sup> | 0.115 | *            |

<sup>1</sup>0% Oil (control); 4.0% Faveleira oil; 4.0% Sesame oil; 4.0 % Castor oil.

<sup>2</sup>L\*(e), a\*(e) and b\*(e) correspond to the external colour parameters of the cheese, and L\*(i), a\*(i) and b\*(i) correspond to the internal colour parameters.

SEM = standard error of the mean. \*P < 0.05; ns = non-significant.

<sup>a</sup>Means followed by different lowercase letters in the same row indicate significant differences according to Tukey's test at a 5% significance level.

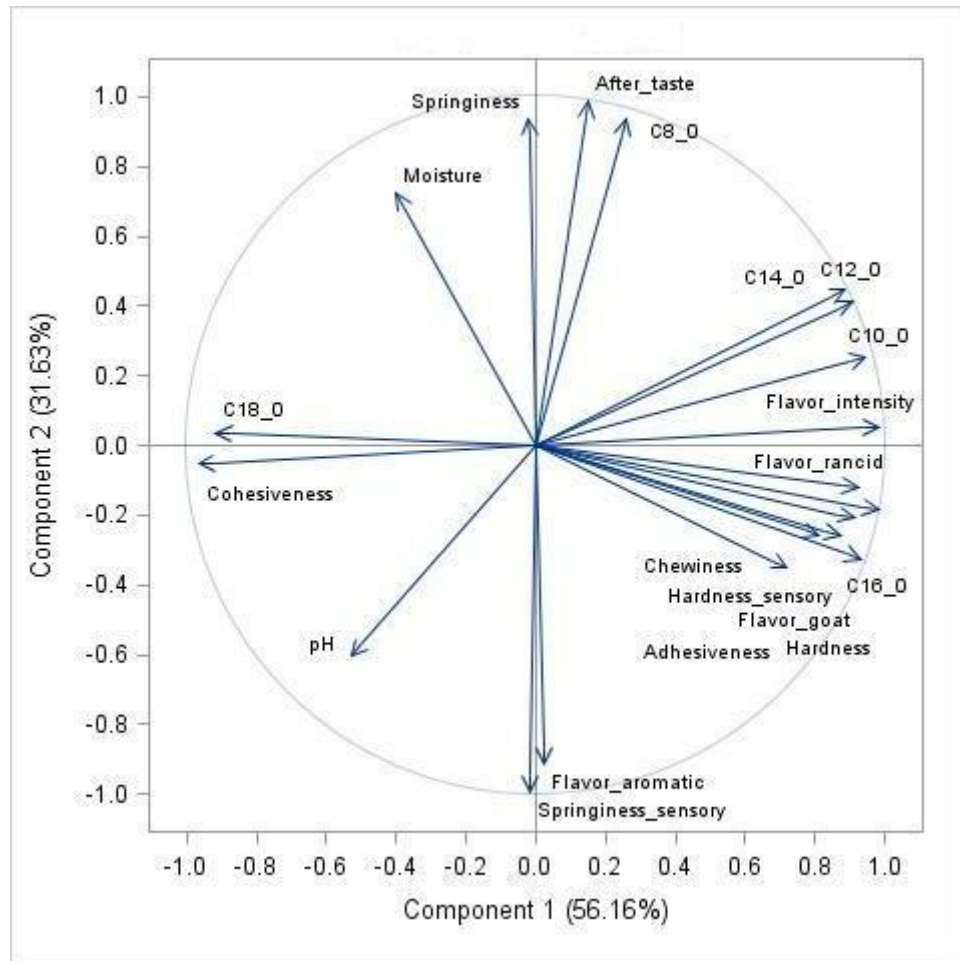
**Table 2** – Mean and standard error of quantitative descriptive analysis (QDA) of cheese from goats fed different vegetable oils.

| Attributes          | Treatments <sup>1</sup> (Cheese) |                   |                   |                   | SEM   | Significance |
|---------------------|----------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------|--------------|
|                     | Control without oil              | Faveleira oil     | Sesame oil        | Castor oil        |       |              |
| External appearance | 2.63 <sup>b</sup>                | 3.15 <sup>a</sup> | 2.74 <sup>b</sup> | 3.20 <sup>a</sup> | 0.105 | *            |
| <i>Odour</i>        |                                  |                   |                   |                   |       |              |
| Overall intensity   | 2.54                             | 2.62              | 2.62              | 2.59              | 0.048 | ns           |
| Goat milk           | 2.38                             | 2.41              | 2.49              | 2.44              | 0.042 | ns           |
| Rancid              | 1.93                             | 1.91              | 1.97              | 2.02              | 0.042 | ns           |
| Aromatic            | 2.43                             | 2.43              | 2.44              | 2.41              | 0.043 | ns           |
| <i>Texture</i>      |                                  |                   |                   |                   |       |              |
| Hardness            | 2.92 <sup>ab</sup>               | 2.83 <sup>b</sup> | 2.74 <sup>b</sup> | 3.26 <sup>a</sup> | 0.125 | *            |
| Springiness         | 2.57                             | 2.63              | 2.62              | 2.67              | 0.040 | ns           |
| <i>Taste</i>        |                                  |                   |                   |                   |       |              |
| Sour                | 2.99                             | 2.75              | 2.66              | 2.74              | 0.065 | ns           |
| Salty               | 2.46                             | 2.53              | 2.40              | 2.65              | 0.045 | ns           |
| <i>Flavour</i>      |                                  |                   |                   |                   |       |              |
| Overall intensity   | 3.17                             | 2.88              | 2.91              | 3.08              | 0.059 | ns           |
| Rancid              | 2.38                             | 2.17              | 2.15              | 2.32              | 0.057 | ns           |
| Goat                | 2.89                             | 2.58              | 2.61              | 2.71              | 0.067 | ns           |
| Aromatic            | 2.53                             | 2.49              | 2.47              | 2.51              | 0.044 | ns           |
| <i>After taste</i>  |                                  |                   |                   |                   |       |              |
| Intensity           | 3.07                             | 2.82              | 2.80              | 3.01              | 0.070 | ns           |
| Persistence         | 2.94                             | 2.65              | 2.72              | 2.85              | 0.068 | ns           |

<sup>1</sup>0% Oil (control); 4.0% Faveleira oil; 4.0% Sesame oil; 4.0% Castor oil.

SEM = standard error of the mean. \*P < 0.05; ns = non-significant.

<sup>a</sup>Means followed by different lowercase letters in the same row indicate significant differences according to the Ryan-Einot-Gabriel-Welsch test at a 5% significance level.



**Figure 1** – Principal component analysis of cheese from goats fed different vegetable oils.

### ARTIGO 3

Perfil de ácidos graxos do queijo de cabras leiteiras alimentadas com dietas enriquecidas com óleos vegetais de mamona, gegerlim e faveleira

**Perfil de ácidos graxos do queijo de cabras leiteiras alimentadas com dietas enriquecidas com óleos vegetais de mamona, gegerlim e faveleira**

*Fatty acid profile of cheese of dairy goat fed a diet enriched with castor, sesame and “faveleira” vegetable oils*

Ertha Janine Lacerda de Medeiros<sup>1\*</sup>, Rita de Cássia Ramos do Egypto Queiroga<sup>2</sup>, Maria Elieidy Gomes de Oliveira<sup>3</sup>, Ariosvaldo Nunes de Medeiros<sup>4</sup>, Mayara Andressa Sabedot<sup>4</sup>, Marco Aurélio Delmondes Bomfim<sup>5</sup>, Marta Suely Madruga<sup>1</sup>.

**Abstract**

A adição de óleos vegetais em dietas para cabras leiteiras apresenta-se como alternativa para suplementação alimentar durante o período de seca, além de contribuir para a melhoria do perfil lipídico do leite e de seus derivados. Foram fabricados queijos utilizando-se leite de cabras mestiças Saanen x Alpina Francesa alimentadas com dietas enriquecidas com 4% de óleos vegetais (faveleira, gergelim e mamona), seguido de estudos do perfil de ácidos graxos do queijo caprino. A suplementação com óleos vegetais não promoveu ( $P \geq 0,05$ ) aumento do percentual de gordura total nos queijos; no entanto proporcionou aumento dos percentuais de ácidos graxos de cadeia longa (AGCL) e poli-insaturados (AGPI), com incremento do índice de ácidos graxos desejáveis (AGD) para os queijos de leite de cabra alimentadas com óleos de

---

<sup>1</sup> Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Departamento de Engenharia de Alimentos, Universidade Federal da Paraíba (PPGCTA/DEA/CT/UFPB), Campus I, 58.059-900, João Pessoa, PB, Brasil.\*Autor correspondente. Tel.: +55 83 3216 7576. E-mail: [erthajanine@yahoo.com.br](mailto:erthajanine@yahoo.com.br)

<sup>2</sup> Departamento de Nutrição, Universidade Federal da Paraíba (DN/CCS/UFPB), Campus I, 58.059-900, João Pessoa, Paraíba, Brasil.

<sup>3</sup> Programa de Pós-graduação em Nutrição, Departamento de Nutrição, Universidade Federal de Pernambuco, 50.670-901, Recife, Pernambuco, Brasil.

<sup>4</sup> Departamento de Zootecnia, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba (DZ/CCA/UFPB), Campus II, 58.397-000, Areia, Paraíba, Brasil.

<sup>5</sup> Pesquisador da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Embrapa Caprinos e Ovinos, 62.011-970, Sobral, Ceará, Brasil.

faveleira e gergelim. A utilização do óleo de mamona apresentou resposta pouco expressiva no perfil de ácidos graxos do queijo caprino. A manipulação da dieta de cabras com óleos vegetais de gergelim e faveleira proporcionou resposta positiva ao perfil de ácidos graxos, uma vez que melhorou as características nutricionais da gordura do queijo caprino.

*Palavras-chave:* alimento funcional, dieta, nutrição animal, óleo vegetal, queijo caprino.

## **1. Introdução**

O atual enfoque do mercado aos produtos de origem animal tem sido direcionado à busca de alimentos com menores teores de gordura. Devido às propriedades intrínsecas como baixo potencial alergênico e alta digestibilidade, além de seu valor nutricional, o leite de cabra é um alimento associado a resultados positivos para a saúde (Raynal-Ljutovac et al., 2008). A composição lipídica do leite de cabra apresenta-se como parâmetro determinante da qualidade nutricional deste produto uma vez que os componentes lipídicos, em especial os ácidos graxos, estão envolvidos na produção e na qualidade de produtos lácteos afetando diretamente os aspectos de sabor dos derivados lácteos (Delacroix-Buchet e Lamberet, 2000).

A utilização de óleos vegetais na alimentação de caprinos apresenta-se como contribuição na busca de alternativas para o enriquecimento nutricional de produtos lácteos. Entre as fontes de lipídios, os óleos de faveleira (*Cnidoscolus quercifolius* ou *phyllacanthus*), gergelim (*Sesamum indicum* L.) e mamona (*Ricinus communis* L.) têm recebido atenção por possuírem elevados teores de ácidos graxos insaturados (Medeiros et al., 2012), no entanto, os efeitos no desempenho como suplementação na dieta de pequenos ruminantes e as alterações nas características do leite e seus produtos ainda são desconhecidas.

Estudos têm demonstrado diferentes resultados de composição da gordura no leite relacionados às variações nas dietas dos animais, comprovando eficiência em aumentar a concentração de ácido linoléico conjugado na gordura do leite (Bernard et al., 2009; Pereira et al., 2010). Sanz Sampelayo et al. (2007) ressaltaram que o metabolismo dos lipídios na glândula mamária está diretamente relacionado à produção de leite e pode induzir respostas diferentes entre espécies de animais (caprinos e ovinos). Outros autores exploraram o perfil de ácidos graxos de diferentes tipos de queijo caprino, com diferentes raças (Prandini et al., 2011), tempo de maturação (Buccioni et al., 2010), regiões (Luna et al., 2007) e períodos de lactação (Ribeiro et al., 2011). Dentre estes, os ácidos graxos monoinsaturados e poliinsaturados, principalmente o ácido linoleico (C18:2), se sobressaem em produtos lácteos como os queijos de leite de cabras por apresentarem concentrações variando de 1,94 a 3,95 % (w/w, total FAME) (Prandini et al., 2011; Santos et al., 2012).

Paralelamente, sabe-se que o teor de CLA (ácido linoleico conjugado) em queijos depende de muitos fatores. O primeiro é o perfil de ácidos graxos do leite, influenciado, principalmente, pela qualidade da dieta de ruminantes (Bernard et al., 2009). Outros fatores incluem as condições de processamento e maturação do queijo, em que a maturação pode aumentar em mais de 10% o teor total de CLA (Buccioni et al., 2010).

Destaque vem sendo direcionado ao aumento do CLA em alimentos derivados de ruminantes por Ulbright e Southgate (1991), por estar potencialmente envolvido em efeitos positivos à saúde humana com propriedades anticarcinogênicas (Pariza, Park, and Cook, 2001; Williams, 2000), e a ingestão do isômero *cis*-9, *trans*-11 CLA na dieta diminui os índices de colesterol no sangue (Tricon et al., 2004). Diante das evidências nutricionais do queijo caprino, objetivou-se com esta pesquisa avaliar o efeito da suplementação da dieta de cabras leiteiras pela adição dos óleos vegetais de faveleira, gergelim e mamona nos queijos e sua influência no perfil de ácidos graxos.

## 2. Material e Métodos

### 2.1 Amostras de queijo e tecnologia de produção

Os queijos foram elaborados a partir do leite de cabras mestiças Saanen x Alpina Francesa, ordenhadas manualmente, mantidas em confinamento e alimentadas com dietas preparadas de acordo com as recomendações do NRC (2007) (Tabela 1). Foram quatro dietas utilizadas no estudo: Tratamento 1 - dieta basal sem adição de óleo vegetal na matéria seca; Tratamento 2 - dieta basal acrescida de 4% de óleo de faveleira; Tratamento 3 - dieta basal com 4% de óleo de gergelim; e Tratamento 4 – dieta basal com 4% de óleo de mamona.

O experimento teve duração 76 dias e seguiu um quadrado latino (4x4), com quatro tratamentos e quatro períodos de processamento. Em cada período, os queijos foram elaborados utilizando-se 10 litros de leite de cabra por tratamento, e foram pasteurizados a 65 °C ( $\pm 1$  °C) durante 30 minutos seguido de resfriamento a 37 °C ( $\pm 2$  °C) e coagulação com os seguintes aditivos, nesta sequência: 0,25 mL / L de solução de ácido láctico a 85%; 0,1 g / L de cultura láctica mesofílica, liofilizada contendo *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris* e *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* (R-704, Christian Hansen Ind. & Com. Ltda, Valinhos, SP, Brasil.); 0,5 mL / L de cloreto de cálcio a 50% e 0,9 mL / L coagulante comercial (Ha-La<sup>®</sup>, Christian Hansen Ind. & com. Ltd., Valinhos, SP, Brasil). Após 40 minutos de repouso, a coalhada foi cuidadosamente cortado em cubos, dessorada e salgada em salmoura (9 g / L NaCl). Em seguida, a massa de queijo foi distribuído em formas perfuradas de 250 g, prensadas durante 4-6 h à temperatura ambiente, embalados a vácuo e armazenados sob refrigeração ( $4 \pm 1$  °C) durante 7 dias. Após esse período, o perfil de ácidos graxos dos queijos foi analisado.

## 2.2 Análises de ácidos graxos do queijo caprino

A dosagem dos ácidos graxos no queijo caprino foi iniciada pela extração da gordura total, conforme procedimento descrito por Folch, Lees, and Stanley (1957), seguida das etapas de saponificação e esterificação (Hartman and Lago, 1986).

O perfil de ácidos graxos das amostras esterificadas de queijo foi determinado em cromatógrafo a gás Varian 430-GC, com detector de ionização de chama (FID), coluna capilar de sílica fundida (CP WAX 52 CB Varian), com dimensões de 60 m x 0,25 mm x 0,25µm de espessura do filme. Foi utilizado o hélio como gás de arraste (vazão de 1 mL/min). O programa de temperatura do forno inicial foi de 100 °C aumentando 2,5 °C/min até atingir a temperatura de 240 °C, permanecendo por 20 minutos, totalizando 76 minutos. A temperatura do injetor foi mantida em 250 °C e a do detector em 260 °C. Uma alíquota de 1,0 µL do extrato esterificado foi injetada em injetor tipo *split/splitless*.

Os cromatogramas foram registrados em um *software* tipo Galaxie Chromatography Data System. Os ácidos graxos foram identificados por comparação dos tempos de retenção dos ésteres metílicos das amostras com padrões Supelco ME19-Kit (Fatty Acid methyl Esters C6-C24) e CLA (Linoleic acid methyl Ester mix *cis/trans*). Os resultados dos ácidos graxos foram quantificados por normalização das áreas dos ésteres metílicos e expressos em percentual de área (%).

Foram calculadas as relações AGPI/AGS, AGM/AGS, (C18:0+C18:1)/C16:0, o índice de aterogenicidade (IA) de acordo com Ulbright e Southgate (1991) e os percentuais de ácidos graxos desejáveis (AGD), expressos pela soma dos ácidos graxos insaturados mais o ácido esteárico (Banskalieva, Sahlu, e Goetsch, 2000).

### 2.3 Análise estatística

O delineamento experimental utilizado consistiu-se de dois quadrado latino (4x4), composto de oito animais, distribuídos aleatoriamente em quatro tratamentos e quatro períodos. O seguinte modelo estatístico foi utilizado na análise dos dados:

$$Y_{ijkl} = \mu + Q_i + T_j + P_k + A_{(i)l} + QT_{ij} + \xi_{ijk},$$

Onde  $Y_{ijkl}$  é a observação na cabra  $j$ , no período  $k$ , submetida ao tratamento  $i$ , com  $i, j, k = 1, 2, 3, 4$ ;  $\mu$  é o efeito geral da média;  $Q_i$  o efeito do quadrado  $i$ , sendo  $i = 1, 2$ ;  $T_j$  é o efeito do tratamento  $j$ , sendo  $j = 1, 2, 3, 4$ ;  $P_k$  o efeito do período  $k$ ;  $A_{(i)l}$  o efeito da cabra  $l$  no quadrado  $i$  com  $l = 1, 2, 3, 4$ ;  $QT_{ij}$  é a interação do efeito com o quadrado latino  $i$  x tratamento  $j$ ;  $\xi_{ijk}$  é o erro aleatório associado a cada observação  $Y_{ijkl}$ .

As médias dos resultados obtidos foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando o programa estatístico SAS (1996).

### 3. Resultados e Discussão

A suplementação com 4,0% de óleo vegetal em dietas para cabras em lactação não promoveu ( $P \geq 0,05$ ) aumento do percentual de gordura total do leite e do queijo caprino (Tabela 2). No perfil de ácidos graxos do queijo caprino foram identificados trinta e oito ácidos graxos, considerando o CLA total, sendo: 20 ácidos graxos saturados (AGS); 9 ácidos graxos monoinsaturados (AGM); 9 ácidos graxos poli-insaturados (AGPI). Dentre os ácidos graxos identificados, oito constituíram 91% das áreas totais dos cromatogramas: C8:0, C10:0, C12:0, C14:0, C16:0, C18:0, C18:1 e C18:2. O ácido oleico (C18:1 *n9cis*) foi o ácido graxo que mais contribuiu para o perfil dos ácidos graxos insaturados nos queijos, e o ácido palmítico (C16:0) dentre os saturados.

Observou-se diferença significativa ( $P < 0,05$ ) nos percentuais dos ácidos graxos C10:0, C12:0, C14:0 e C16:0, revelando-se uma tendência de diminuição dos percentuais destes ácidos graxos nos queijos dos tratamentos com óleo de faveleira e gergelim em relação ao queijo controle; porém os queijos com óleo de mamona mantiveram valores intermediários entre os adicionados de óleo e o controle sem adição de óleo.

A inclusão de óleos vegetais na dieta promoveu aumento significativo ( $P < 0,05$ ) da concentração do ácido esteárico (C18:0) nos queijos, que passou de 11,88% no controle para percentuais médios de 16,64% no tratamento com óleo de gergelim e 15,13% com óleo de faveleira, contudo, não houve diferenças ( $P \geq 0,05$ ) entre os tratamentos controle e óleo de mamona. O aumento na concentração do ácido esteárico pode ser atribuído a extensa biohidrogenação ruminal dos ácidos graxos C18:3, C18:2 e C18:1, uma vez que juntos, representam aproximadamente 85 e 67% dos ácidos graxos dos óleos vegetais de gergelim e faveleira, respectivamente (Medeiros et al., 2012), em que o passo final da biohidrogenação no rúmen do ácido linoleico é a hidrogenação do ácido C18:1 *trans*-11 para C18:0 (Corl et al., 2001). Esta informação revelou-se positivamente, pois parte do ácido esteárico será transformada em ácido oléico pela ação da enzima  $\Delta$ -9 desaturase na glândula mamária, que promove a insaturação do ácido esteárico (18:0) no carbono 9, originando o ácido oléico (C18:1n9cis) presente no produto final (Maia et al., 2006).

O menor percentual de ácido esteárico foi detectado no queijo com óleo de mamona, provavelmente resultado da forte estabilidade da molécula do ácido hidroxiricinoleico (C18:1n9cis, 12-OH), presente em grande quantidade apenas neste óleo, a qual dificultou a hidrólise dos demais ácidos graxos no rúmen, levando à formação de ligações de hidrogênio com o grupamento hidroxila presente no ácido ricinoléico (Conceição et al., 2009), e assim a uma maior concentração do ácido ricinoléico na glândula mamária e consequentemente no queijo caprino, que apresentou percentual superior a 6% de ricinoleico e menor percentual de

oléico (C18:1n9cis) em relação aos outros tratamentos com óleo. Outro fator que pode ser atribuído à reduzida quantidade de ácido esteárico no queijo com óleo de mamona reside na baixa concentração de ácido linoleico no óleo de mamona (Medeiros et al., 2012).

Outro fato que subsidia a influência do ácido ricinoleico na conversão do ácido vacênico (C18:1 *trans*-11) a ácido esteárico (C18:0) é que os ácidos graxos insaturados podem alterar a fermentação ruminal da fibra pela ação tóxica sobre as bactérias fibrolíticas, as quais estão envolvidas na biohidrogenação dos ácidos graxos poli-insaturados (Nudda et al., 2008). Medeiros et al. (2012) reportaram que dos três óleos aqui estudados, o óleo de mamona foi o que apresentou maior percentual de ácidos graxos insaturados, em que 71% deste óleo correspondeu à presença do ácido ricinoléico.

Os teores de ácido linoleico (C18:2) se sobressaíram ( $P < 0,05$ ) nos queijos dos tratamentos com óleo de faveleira (3,48%) e gergelim (3,35%), indicando uma boa produção de intermediários da biohidrogenação (Pereira et al., 2010). Sabe-se que o aumento nos níveis de ácido linolênico (C18:3) em produtos lácteos são mais difícil de serem encontrados, visto que esse requer que os ácidos graxos advindos da dieta estejam protegidos da biohidrogenação ruminal (Palmquist e Griinari, 2006). No presente estudo, observou-se uma diminuição ( $P < 0,05$ ) do C18:3n3 nos três tratamentos com óleos vegetais, em comparação ao controle, apesar de que inversamente ao esperado os ácidos graxos poli-insaturados presentes no rúmen sofrem menos biohidrogenação uma vez que a espécie caprina possui uma taxa de secreção salivar maior e consequentemente uma maior capacidade de proteção dos ácidos graxos poli-insaturados pela maior estabilidade do pH ruminal devido a característica tamponante da saliva (Bernard et al., 2009; Ribeiro et al., 2011).

Observa-se na Tabela 3 um aumento ( $P < 0,05$ ) nos níveis de isômeros de CLA (ácido linoleico conjugado) na gordura dos queijos, particularmente pelo incremento de C18:2 *cis*9,*trans*11, que praticamente dobrou seu valor nos tratamentos com óleo de faveleira (1,07)

e gergelim (0,89) em relação ao controle (0,56) e ao queijo com óleo de mamona (0,55). Os demais isômeros de CLA foram encontrados apenas em quantidades vestigiais, podendo supor que, sob um regime alimentar usual este isômero é mal produzido no rúmen de cabritos (Antongiovanni et al., 2004).

Os queijos deste estudo provavelmente obtiveram seu efeito de aumento do percentual de CLA *cis9, trans11* devido a suplementação da dieta dos animais com óleos vegetais ricos em C18:2, como o de faveleira e gergelim, pois estes queijos não foram maturados, apenas armazenados durante sete dias, o que possivelmente não influenciou tamanho aumento.

As mudanças observadas no teor de *cis9,trans11*CLA estão de acordo com os relatados por Santos et al. (2012) que estudaram o queijo coalho caprino enriquecido com CLA através da suplementação da dieta das cabras com óleo de soja, e observaram percentuais três vezes maiores que o queijo controle. Este isômero representa até 90% do CLA total em gordura do leite e os resultados foram semelhantes aos estudos preliminares realizados por Bouattour et al. (2008) e Bernard et al. (2009), em que a inclusão de óleos vegetais na dieta obteve aumento superior a 100% (w/w) dos níveis de CLA no leite de cabra. Estas informações reforçam uma abordagem racional para melhorar os níveis de CLA na gordura do leite com o aumento da ingestão dietética de ácidos graxos insaturados, que são os substratos para a síntese de CLA no rúmen (Gomez-Cortes et al., 2008).

A adição destes óleos vegetais não determinou efeito ( $P \geq 0,05$ ) no percentual de ácidos graxos de cadeia curta (C4 a C9), os quais poderiam imprimir alterações na qualidade sensorial do queijo, uma vez que estes são os responsáveis pelas mudanças aromáticas mais relevantes no leite e, conseqüentemente no queijo (Haenlein, 2004). O sabor denominado “caprino”, quando acentuado constitui-se como um dos fatores de recusa desses produtos lácteos, entretanto, as substâncias responsáveis pelo sabor caprino ainda não são bem conhecidas (Delacroix-Buchet e Lamberet, 2000). Silanikove et al. (2010) relataram que as

características do sabor do leite de cabra podem ser atribuídas à presença de lipídios sob a forma de ácidos graxos de cadeia curta, principalmente capróico (C6:0) e caprílico (C8:0).

Foram observadas diferenças significativas ( $P < 0,05$ ) na diminuição do total de ácidos graxos de cadeia média (AGCM), que representa o somatório de C10:0 a C15:1 (Prandini et al., 2011), nos queijos suplementados com óleos de faveleira e gergelim em relação ao controle, indicando que ocorreu interferência na atividade ruminal pela adição de lipídios dietéticos, sendo estes provenientes da síntese *de novo* (Shingfield et al., 2008). Estes resultados corroboram com os de Santos et al. (2001) que forneceram óleo e grão de soja integral moído para vacas em lactação e constatarem redução nos ácidos graxos de cadeia média, principalmente, com a adição do óleo na forma livre, como foi usado neste experimento. A síntese desses ácidos graxos ocorre na glândula mamária, com a participação das enzimas acetil CoA carboxilase e ácido graxo sintetase, que, em ruminantes, utilizam o acetato como principal precursor lipogênico (Piperova et al., 2000). Fernandes et al. (2008) estudando o perfil de leite de cabras mestiças Moxotó alimentadas com dietas suplementadas com óleos de algodão e girassol, também relataram que a adição de óleo na dieta diminuiu a quantidade de ácidos graxos de cadeia média, como o mirístico (C14:0).

Aumento significativo ( $P < 0,05$ ) foi verificado nos teores de ácidos graxos poli-insaturados (AGPI) e ácidos graxos de cadeia longa (AGCL) para os queijos elaborados com leite de cabras alimentadas com óleos de faveleira, gergelim e mamona. O aumento dos ácidos graxos C18:0, C18:1n9cis e n9trans, e C18:2n6cis nos tratamentos com óleo de faveleira e gergelim foram os que mais contribuíram para o incremento no percentual de AGCL, da ordem de 78% para o óleo de faveleira e 77% para o óleo de gergelim quando comparados com o queijo controle com apenas 71% do total de ácidos graxos de cadeia longa, provavelmente, como resultado do processo de biohidrogenação que ocorre do rúmen até a glândula mamária dos caprinos (Sanz Sampelayo et al., 2007). No caso do queijo com óleo de

mamona, este incremento no perfil de AGCL foi menor em relação aos outros tratamentos com óleo por causa do menor percentual de esteárico e oleico, no entanto se mantém semelhante ( $P < 0,05$ ) no percentual de AGPI pela considerável presença dos 6,5% de ácido ricinoléico.

Os ácidos graxos da dieta se apresentam como o principal fator de importância nutricional que modifica o conteúdo de ácidos graxos de cadeia longa do leite (Nudda et al., 2008). Autores mostraram que a suplementação a médio e longo prazo, com fontes lipídicas ricas em C18:2 (Chilliard et al., 2003) e C18:3 (Nudda et al., 2006), modificou o perfil de ácidos graxos do leite de ruminantes. Pereira et al. (2010) estudando o perfil de ácidos graxos do leite de cabras suplementadas com óleos de licuri e mamona, verificaram aumento dos ácidos graxos de cadeia longa como neste experimento, e que a inclusão do óleo de mamona tem a vantagem de elevar os poli-insaturados, benéficos à saúde humana, porém acentua os sabores rançoso e característico do leite de cabra.

A utilização de óleos vegetais ao nível de 4% na dieta de cabras resultou em um aumento ( $P < 0,05$ ) no teor de AGD (Tabela 3), especialmente para a adição de óleo de gergelim (51,51%) e faveleira (50,86%), seguido do tratamento com mamona (45,16%), em relação ao queijo controle (42,43%). Os resultados para o IA não foram significativos ( $P \geq 0,05$ ) entre os queijos analisados, enquanto que na relação  $(C18:0 + C18:1)/C16:0$  foi observada efeito significativo ( $P < 0,05$ ), revelando valores maiores para os queijos dos tratamentos com faveleira e gergelim. Sabe-se que a ingestão de ácidos graxos monoinsaturados traz benefícios à saúde humana, por ocasionar queda nos níveis de colesterol total no plasma sanguíneo (Department of Health, 1994) e por este motivo ser desejável sua presença na dieta, aqui representados com melhor percentual nos queijos com adição de óleo de gergelim e faveleira.

#### 4. Conclusões

A suplementação lipídica com óleos de faveleira, gergelim e mamona na alimentação de cabras leiteiras não alterou o teor da gordura total nos queijos elaborados, contudo promoveu diminuição nos percentuais de ácidos graxos saturados C12:0, C14:0 e C16:0, e aumentou os percentuais de AGCL e AGPI. A utilização dos óleos vegetais de faveleira e gergelim promoveram aumento no perfil dos AGD, dos ácidos oléico, linoléico e CLA (*cis*9, *trans*11) no queijo caprino, indicando que a utilização de dieta de cabras com estes óleos vegetais apresenta-se como uma alternativa para melhorar as características nutricionais da gordura do queijo.

#### Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – Brasil) e MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - Brasil) pelo apoio financeiro (Edital MAPA - Processo 578403/2008-0 e 578217/2008-2).

#### Referências

- Antongiovanni, M., Mele, M., Buccioni, A., Petacchi, F., Serra, A., Melis, M. P., et al., 2004. Effect of forage/concentrate ratio and oil supplementation on C18:1 and CLA isomers in milk fat from Sarda Ewes. *J. Ani. Feed Sci.*, 13(Suppl. 1), 669-672.
- Banskalieva, V., Sahlu, T., Goetsch, A. L., 2000. Fatty acid composition of goat muscles and fat depots: a review. *Small Rum. Res.*, 37, 3, 255-268.
- Bernard, L., Shingfield, K. J., Rouel, J., Ferlay, A., Chilliard, Y., 2009. Effect of plant oils in the diet on performance and milk fatty acid composition in goats fed diets based on grass hay or maize silage. *British J. Nutr.*, 101, 213-224.

- Bouattour, M. A., Casals, R., Albanell, E., Such, X., Caja, G., 2008. Feeding soybean oil to dairy goats increases conjugated linoleic acid in milk. *J. Dairy Sci.*, 91, 2399-2407.
- Buccioni, A., Rapaccini, S., Antongiovanni, M., Minieri, S., Conte, G., Mele, M., 2010. Conjugated linoleic acid and C18:1 isomers content in milk fat of sheep and their transfer to Pecorino Toscano cheese. *Intern. Dairy J.*, 20, 190-194.
- Chilliard, Y., Ferlay, A., Rouel, J., Lamberet, G., 2003. A review of nutritional and physiological factors affecting goat milk lipid synthesis and lipolysis. *J. Dairy Sci.*, 86, 1751-1770.
- Conceição, M. M., Dantas, M. B., Rosenhaim, R., Fernandes, V. J. Jr., Santos, I. M. G., Souza, A. G., 2009. Evaluation of the oxidative induction time of the ethylic castor biodiesel. *J. Therm. Anal. and Calorim.*, 97, 643-646.
- Corl, B. A., Baumgard, L. H., Dwyer, D. A., Griinari, J. M., Phillips, B. S., Bauman, D. E., 2001. The role of  $\Delta^9$ -desaturase in the production of *cis*-9, *trans*-11 CLA. *J. Nutr. Biochem.*, 12, 622-630.
- Delacroix-Buchet, A., Lamberet, G., 2000. Sensorial properties and typicity of goat dairy products. In: International Conference on Goats. Tour/France, 2000. *Proceedings...* Tours, 559-563.
- Department of Health, 1994. Nutritional Aspects of Cardiovascular disease: *Report on Health and Social Subjects*. nº 46.(1994) HMSO, London.
- Fernandes, M. F., Queiroga, R. C. R. E., Medeiros, A. N., Costa, R. G., Bomfim, M. A. D., Braga, A. A., 2008. Características físico-químicas e perfil lipídico do leite de cabras mestiças Moxotó alimentadas com dietas suplementadas com óleo de semente de algodão ou de girassol. *Rev. Bras. Zootec.*, 37, 4, 703-710.
- Folch, J., Lees, M., Stanley, G. H. S., 1957. A simple method for isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J. Biological Chem.*, 226, 497-509.

- Haenlein, G. F. W., 2004. Goat milk in human nutrition. *Small Rum. Res.*, 51, 1, 155-163.
- Gomez-Cortes, P., Frutos, P., Mantecon, A. R. et al., 2008. Milk production, conjugated linoleic acid content, and in vitro ruminal fermentation in response to high levels of soybean oil in dairy ewe diet. *J. Dairy Sci.*, 91, 4, 1560-1569.
- Hartman, L., Lago, R. C. A., 1986. *Rapid preparation of fatty acids methyl esters*. London: Laboratory Practice, 22, 475-476.
- Luna, P., Juarez, M., De la Fuente, M. A., 2007. Conjugated linoleic acid content and isomer distribution during ripening in three varieties of cheeses protected with designation of origin. *Food Chem.*, 103, 1465–1472.
- Maia, F. J., Branco, A. F., Mouro, G. F., Coneglian, S. M., Santos, G. T., Minella, T. F., Guimarães, K. C., 2006. Inclusão de fontes de óleo na dieta de cabras em lactação: produção, composição e perfil dos ácidos graxos do leite. *Rev. Bras. Zootec.*, 35, 4, 1504-1513.
- Medeiros, E. J. L., Queiroga, R. C. R. E., Souza, A. G., Cordeiro, A. M. T. M., Medeiros, A. N., Souza, D. L., Madruga, M. S., 2012. Thermal and quality evaluation of vegetable oils used in ruminant feed. *J. Therm. Anal. and Calorim.*, Online First. doi: 10.1007/s10973-012-2653-3.
- Nudda, A., Palmquist, D. L., Battaccone, G., Fancellu, S., Rassu, S. P. G., Pulina, G., 2008. Relationships between the contents of vaccenic acid, CLA and *n*-3 fatty acids of goat milk and the muscle of their suckling kids. *Livestock Sci.*, 118, 195-203.
- Nudda, A., Battaccone, G., Usai, M. G., Fancellu, S., Pulina, G., 2006. Supplementation with extruded linseed cake affects concentrations of conjugated linoleic acid and vaccenic acid in goat milk. *J. Dairy Sci.*, 89, 277-282.
- NRC, 2007. National Research Council. *Nutrient Requirement of Small Ruminants*. Washington, DC: National Academic. 384p.

- Palmquist, D. L., Griinari, J. M., 2006. Milk fatty acid composition in response to reciprocal combinations of sunflower and fish oils in the diet. *Anim. Feed Sci. Techn.*, 131, 358-369.
- Pariza, M. W., Park, Y., Cook, M. E., 2001. The biologically active isomers of conjugated linoleic acid. *Prog. Lipid Res.*, 40, 283-298.
- Pereira, R. A. G., Oliveira, C. J. B., Medeiros, A. N., Costa, R. G., Bomfim, M. A. D., Queiroga, R. C. R. E., 2010. Physicochemical and sensory characteristics of milk from goats supplemented with castor or licuri oil. *J. Dairy Sci.*, 93, 2, 456-462.
- Piperova, L. S., Teter, B. B., Bruckental, I., 2000. Mammary lipogenic enzyme activity, *trans* fatty acids and conjugated linoleic acids are altered in lactating dairy cows fed a milk fat depressing diet. *J. Nutr.*, 130, 12, 2568-2574.
- Prandini, A., Sigolo, S., Piva, G., 2011. A comparative study of fatty acid composition and CLA concentration in commercial cheeses. *J. Food Compos. Anal.*, 24, 55-61.
- Raynal-Ljutovac, K., Lagriffoul, G., Paccard, P., Guillet, I., Chilliard, Y., 2008. Composition of goat and sheep milk products: an update. *Small Rum. Res.*, 79, 57-72.
- Ribeiro, C. V. D. M., Oliveira, D. E., Juchem, S. O., Silva, T. M., Nalério, E. S., 2011. Fatty acid profile of meat and Milk from small ruminants: a review. *Rev. Bras. Zootec.*, 40, supl. especial, 121-137.
- Santos, F. L., Silva, M. T. C., Lana, R. P., Brandão, S. C. C., Vargas, L. H., Abreu, L. R., 2001. Efeito da suplementação de lipídios na ração sobre a produção de ácidos graxos linoléico conjugado (CLA) e a composição da gordura do leite de vaca. *Rev. Bras. Zootec.*, 30, 6, 1931-1938.
- Santos, K. M. O., Bomfim, M. A. D., Vieira, A. D. S., Benevides, S. D., Saad, S. M. I., Buriti, F. C. A., Egito, A. S., 2012. Probiotic caprine Coalho cheese naturally enriched in conjugated linoleic acid as a vehicle for *Lactobacillus acidophilus* and beneficial fatty acids. *Intern. Dairy J.*, 24, 107-112.

- Sanz Sampelayo, M. R., Chilliard, Y., Schmidely, Ph., Boza, J., 2007. Influence of type of diet on the fat constituents of goat and sheep milk. *Small Rum. Res.*, 68, 42-63.
- SAS, 1996. *SAS/STAT User's Guide: statistics*, Eletronic version 6.2 Cary, USA.
- Shingfield, K. J., Bernard, L., Leroux, C., et al., 2008. Trans fatty acids and bioactive lipids in ruminant milk. *Adv. Exp. Med. Biol.*, 606, 3-65.
- Silanikove, N., Leitner, G., Merin, U., Prosser, C. G., 2010. Recent advances in exploiting goats milk: Quality, safety and production aspects. *Small Rum. Res.*, 89, 110-124.
- Tricon, S., Burdge, G. C., Kew, S., Banerjee, T., Russell, J. J., Jones, E. L., et al., 2004. Opposing effects of cis-9, trans-11 and trans-10, cis-12 conjugated linoleic acid on blood lipids in healthy humans. *American J. Clin. Nutr.*, 80, 614-620.
- Ulbricht, T. L. V., Southgate, D. A. T., 1991. Coronary heart disease: seven dietary factores. *Lancet*, 338, 985-992.
- Williams, C. M., 2000. Dietary fatty acids and human health. *Annales Zootech.*, 49, 165-180.

**Tabela 1** - Composição percentual e química das rações experimentais

| Componentes                                  | Dietas experimentais               |                   |                  |                |
|----------------------------------------------|------------------------------------|-------------------|------------------|----------------|
|                                              | Controle<br>sem óleo               | Óleo<br>faveleira | Óleo<br>gergelim | Óleo<br>mamona |
|                                              | Proporções dos ingredientes (% MS) |                   |                  |                |
| Feno tifton                                  | 49,30                              | 49,06             | 49,06            | 49,06          |
| Milho moído                                  | 37,29                              | 32,99             | 32,99            | 32,99          |
| Farelo soja                                  | 10,79                              | 11,34             | 11,34            | 11,34          |
| Óleo de faveleira                            | 0,00                               | 4,00              | 0,00             | 0,00           |
| Óleo de gergelim                             | 0,00                               | 0,00              | 4,00             | 0,00           |
| Óleo de mamona                               | 0,00                               | 0,00              | 0,00             | 4,00           |
| Núcleo mineral <sup>1</sup>                  | 1,37                               | 1,47              | 1,47             | 1,47           |
| Calcáreo calcítico                           | 1,25                               | 1,13              | 1,13             | 1,13           |
| Composição química (%)                       |                                    |                   |                  |                |
| Matéria seca <sup>2</sup>                    | 86,99                              | 87,42             | 87,42            | 87,42          |
| Matéria orgânica                             | 91,91                              | 91,96             | 91,96            | 91,96          |
| Matéria mineral                              | 8,09                               | 8,04              | 8,04             | 8,04           |
| Proteína bruta                               | 13,82                              | 13,69             | 13,69            | 13,69          |
| Extrato etéreo                               | 3,15                               | 6,97              | 6,97             | 6,97           |
| Fibra em detergente neutro <sup>3</sup>      | 39,92                              | 39,19             | 39,19            | 39,19          |
| Fibra em detergente ácido <sup>3</sup>       | 18,70                              | 18,48             | 18,48            | 18,48          |
| Lignina                                      | 3,12                               | 3,03              | 3,03             | 3,03           |
| Carboidratos totais                          | 74,95                              | 71,31             | 71,31            | 71,31          |
| Nutrientes digestíveis totais                | 61,61                              | 69,68             | 69,05            | 69,19          |
| Energia metabolizável (Mcal/kg) <sup>4</sup> | 2,36                               | 2,64              | 2,67             | 2,60           |

<sup>1</sup> Suplemento mineral (nutrientes/kg de suplemento): Ca = 210 g; P = 70 g; Mg = 5 g; F = 700,00 mg; Zn = 3,010 mg; Cu = 440 mg; Mn = 1,485 mg; Co = 25 mg; Fe = 340 mg; Cr = 6,00 mg; Se = 20 mg; I = 48 mg; S = 10 g; Vit. A = 250.000,00 UI/kg; Vit. D3 = 40.000,00 UI/kg; Vit E = 350,00 UI/kg. <sup>2</sup> % com base na matéria natural; <sup>3</sup> Isenta de cinzas e proteína; <sup>4</sup> EM (Mcal/kg) = ED (Mcal/kg) \*0,86

**Tabela 2** – Médias e erros padrão do perfil de ácidos graxos (% área) de queijo de leite de cabras alimentadas com diferentes óleos vegetais

| Ácidos graxos (%)             | Tratamentos (Queijos) <sup>1</sup> |                     |                    |                     | SEM   | Significância |
|-------------------------------|------------------------------------|---------------------|--------------------|---------------------|-------|---------------|
|                               | Controle sem óleo                  | Óleo faveleira      | Óleo gergelim      | Óleo mamona         |       |               |
| Gordura total                 | 23,35                              | 24,17               | 22,94              | 22,67               | 0,283 | ns            |
| C4:0                          | 0,06                               | 0,00                | 0,03               | 0,15                | 0,027 | ns            |
| C6:0                          | 0,91                               | 0,62                | 0,88               | 0,74                | 0,081 | ns            |
| C7:0                          | 0,02                               | 0,02                | 0,02               | 0,02                | 0,001 | ns            |
| C8:0                          | 2,15                               | 1,88                | 2,07               | 2,02                | 0,048 | ns            |
| C9:0                          | 0,06                               | 0,05                | 0,06               | 0,06                | 0,003 | ns            |
| C10:0                         | 8,68 <sup>a</sup>                  | 6,90 <sup>ab</sup>  | 6,38 <sup>b</sup>  | 8,02 <sup>ab</sup>  | 0,315 | *             |
| C11:0                         | 0,09                               | 0,08                | 0,08               | 0,09                | 0,004 | ns            |
| C12:0                         | 4,44 <sup>a</sup>                  | 3,08 <sup>b</sup>   | 3,28 <sup>b</sup>  | 3,73 <sup>ab</sup>  | 0,143 | *             |
| C13:0                         | 0,03                               | 0,07                | 0,11               | 0,09                | 0,011 | ns            |
| C14:0                         | 11,03 <sup>a</sup>                 | 8,35 <sup>c</sup>   | 9,14 <sup>bc</sup> | 10,17 <sup>ab</sup> | 0,268 | *             |
| C15:0                         | 0,84 <sup>ab</sup>                 | 0,67 <sup>c</sup>   | 0,72 <sup>bc</sup> | 0,90 <sup>a</sup>   | 0,025 | *             |
| C16:0                         | 28,13 <sup>a</sup>                 | 26,45 <sup>ab</sup> | 24,66 <sup>b</sup> | 27,62 <sup>ab</sup> | 0,485 | *             |
| C17:0                         | 0,56                               | 0,42                | 0,43               | 0,56                | 0,016 | ns            |
| C18:0                         | 11,88 <sup>b</sup>                 | 15,13 <sup>a</sup>  | 16,64 <sup>a</sup> | 11,63 <sup>b</sup>  | 0,607 | *             |
| Outros saturados <sup>2</sup> | 0,64                               | 0,56                | 0,67               | 0,82                | 0,012 | ns            |
| C14:1                         | 0,16 <sup>a</sup>                  | 0,11 <sup>b</sup>   | 0,11 <sup>b</sup>  | 0,13 <sup>ab</sup>  | 0,007 | *             |
| C15:1                         | 0,27 <sup>a</sup>                  | 0,19 <sup>b</sup>   | 0,22 <sup>ab</sup> | 0,29 <sup>a</sup>   | 0,011 | *             |
| C16:1                         | 0,74 <sup>ab</sup>                 | 0,80 <sup>a</sup>   | 0,68 <sup>b</sup>  | 0,83 <sup>a</sup>   | 0,017 | *             |
| C17:1                         | 0,23 <sup>ab</sup>                 | 0,18 <sup>b</sup>   | 0,18 <sup>b</sup>  | 0,29 <sup>a</sup>   | 0,012 | *             |
| C18:1 n11cis                  | 0,49 <sup>b</sup>                  | 0,83 <sup>a</sup>   | 0,78 <sup>a</sup>  | 0,30 <sup>b</sup>   | 0,050 | *             |
| C18:1 n9cis                   | 22,70 <sup>ab</sup>                | 25,61 <sup>a</sup>  | 25,70 <sup>a</sup> | 18,88 <sup>b</sup>  | 0,875 | *             |
| C18:1 n9trans                 | 1,50 <sup>b</sup>                  | 2,47 <sup>a</sup>   | 2,18 <sup>a</sup>  | 1,05 <sup>b</sup>   | 0,129 | *             |
| C18:1 n9cis, 12-OH            | nd                                 | nd                  | nd                 | 6,56                | 0,346 | *             |
| C20:1 n9                      | 0,03                               | 0,01                | 0,02               | 0,02                | 0,004 | ns            |
| C18:2 n6cis                   | 2,77 <sup>b</sup>                  | 3,48 <sup>a</sup>   | 3,35 <sup>a</sup>  | 2,57 <sup>b</sup>   | 0,095 | *             |
| C18:2 n6trans                 | 0,05 <sup>b</sup>                  | 0,06 <sup>a</sup>   | 0,06 <sup>ab</sup> | 0,05 <sup>b</sup>   | 0,003 | *             |
| C18:3 n6                      | 0,11                               | 0,08                | 0,09               | 0,11                | 0,005 | ns            |
| C18:3 n3                      | 0,36 <sup>a</sup>                  | 0,24 <sup>b</sup>   | 0,24 <sup>b</sup>  | 0,25 <sup>b</sup>   | 0,012 | *             |
| C20:2                         | 0,08 <sup>b</sup>                  | 0,06 <sup>b</sup>   | 0,06 <sup>b</sup>  | 0,85 <sup>a</sup>   | 0,062 | *             |
| C20:3 n6                      | 0,05                               | 0,03                | 0,06               | 0,04                | 0,005 | ns            |
| C20:4 n6                      | 0,19                               | 0,17                | 0,19               | 0,20                | 0,004 | ns            |
| C20:5 n3                      | 0,01                               | 0,00                | 0,01               | 0,01                | 0,001 | ns            |
| C22:2                         | 0,26                               | 0,29                | 0,22               | 0,29                | 0,015 | ns            |

<sup>1</sup>0% óleo (controle); 4,0% óleo de faveleira; 4,0% óleo de gergelim; 4,0% óleo de mamona. SEM = erro padrão da média.

\*P<0,05; ns – não significativo; nd – não detectado; <sup>2</sup>Outros saturados: C19:0, C20:0, C21:0, C22:0, C23:0, C24:0

<sup>a</sup>Médias seguidas de letras minúsculas diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas com o teste de Tukey ao nível de 5% de significância

**Tabela 3** – Média das relações entre os ácidos graxos saturados (AGS), monoinsaturados (AGM), poli-insaturados (AGPI) e CLA dos queijos de leite de cabras alimentadas com diferentes óleos vegetais

| Ácidos graxos (%)                                      | Tratamentos (Queijos) <sup>1</sup> |                    |                    |                     | SEM   | Significância |
|--------------------------------------------------------|------------------------------------|--------------------|--------------------|---------------------|-------|---------------|
|                                                        | Controle sem óleo                  | Óleo faveleira     | Óleo gergelim      | Óleo mamona         |       |               |
| CLA <sup>2</sup> – C18:2 <i>cis</i> 9, <i>trans</i> 11 | 0,56 <sup>b</sup>                  | 1,07 <sup>a</sup>  | 0,89 <sup>a</sup>  | 0,55 <sup>b</sup>   | 0,055 | *             |
| CLA – C18:2 <i>cis</i> 9, <i>cis</i> 11                | 0,01 <sup>c</sup>                  | 0,03 <sup>a</sup>  | 0,02 <sup>ab</sup> | 0,01 <sup>bc</sup>  | 0,002 | *             |
| CLA – C18:2 <i>trans</i> 9, <i>trans</i> 11            | 0,01 <sup>b</sup>                  | 0,01 <sup>b</sup>  | 0,01 <sup>b</sup>  | 0,06 <sup>a</sup>   | 0,005 | *             |
| CLA – C18:2 <i>trans</i> 9, <i>cis</i> 11              | 0,01 <sup>b</sup>                  | 0,01 <sup>b</sup>  | 0,01 <sup>b</sup>  | 0,12 <sup>a</sup>   | 0,016 | *             |
| AGCC ácidos graxos cadeia curta <sup>3</sup>           | 3,19                               | 2,58               | 3,07               | 3,00                | 0,139 | ns            |
| AGCM ácidos graxos cadeia média <sup>3</sup>           | 25,55 <sup>a</sup>                 | 19,44 <sup>b</sup> | 20,05 <sup>b</sup> | 23,42 <sup>ab</sup> | 0,670 | *             |
| AGCL ácidos graxos cadeia longa <sup>3</sup>           | 71,26 <sup>b</sup>                 | 77,98 <sup>a</sup> | 76,88 <sup>a</sup> | 73,57 <sup>ab</sup> | 0,725 | *             |
| AGS ácidos graxos saturados                            | 69,46                              | 64,27              | 64,93              | 66,40               | 0,801 | ns            |
| AGM ácidos graxos monoinsaturados                      | 26,11                              | 30,20              | 29,87              | 28,35               | 0,813 | ns            |
| AGPI ácidos graxos poli-insaturados                    | 4,43 <sup>b</sup>                  | 5,53 <sup>a</sup>  | 5,21 <sup>a</sup>  | 5,19 <sup>a</sup>   | 0,115 | *             |
| AGPI:AGS                                               | 0,06 <sup>c</sup>                  | 0,09 <sup>a</sup>  | 0,08 <sup>ab</sup> | 0,08 <sup>b</sup>   | 0,002 | *             |
| AGM:AGS                                                | 0,38                               | 0,47               | 0,46               | 0,44                | 0,016 | ns            |
| AGD <sup>4</sup>                                       | 42,43 <sup>c</sup>                 | 50,86 <sup>a</sup> | 51,51 <sup>a</sup> | 45,16 <sup>b</sup>  | 1,169 | *             |
| IA <sup>5</sup>                                        | 2,55                               | 1,76               | 1,85               | 2,33                | 0,125 | ns            |
| (C18:0+C18:1)/C16:0                                    | 1,31 <sup>b</sup>                  | 1,67 <sup>ab</sup> | 1,87 <sup>a</sup>  | 1,21 <sup>b</sup>   | 0,073 | *             |

<sup>1</sup>0% óleo (controle); 4,0% óleo de faveleira; 4,0% óleo de gergelim; 4,0% óleo de mamona

<sup>2</sup>CLA = Ácido linoleico conjugado

<sup>3</sup>AGCC = (C4:0-C:9:0); AGCM (C10:0-C15:1); AGCL (C16:0-C24:0) Prandini et al. (2011)

<sup>4</sup>Ácidos Graxos Desejáveis = AGM+AGPI+C18:0

<sup>5</sup>Índice de Aterogenicidade = [(C12:0+(4\*C14:0)+C16:0)]/AGM+AGPI

SEM = erro padrão da média. \*P<0.05; ns – não significativo

<sup>a</sup>Médias seguidas de letras minúsculas diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas com o teste de Tukey ao nível de 5% de significância

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados das análises térmicas, bem como de oxidação pelo PDSC e as características químicas dos óleos de mamona, gergelim e faveleira indicam que o óleo de mamona possui uma maior resistência à oxidação quando comparado a estes dois; contudo, os óleos de gergelim e faveleira detém maior percentual de ácidos graxos poli-insaturados apresentando melhor qualidade nutricional para utilização na alimentação de pequenos ruminantes.

A suplementação lipídica não altera as características físico-químicas e sensoriais dos queijos, contudo, destaca-se a melhoria no perfil de ácidos graxos, com aumento dos percentuais de ácidos graxos de cadeia longa poli-insaturados, e decréscimo nos percentuais de ácidos graxos saturados. O emprego dos óleos de faveleira e gergelim promove aumento no perfil dos ácidos graxos desejáveis, dos ácidos oleico, linoleico e melhora expressivamente o teor de CLA (*cis9*, *trans11*) no queijo caprino.

A manipulação da dieta de cabras leiteiras apresenta-se como uma das alternativas de melhorar as características nutricionais da gordura do queijo, sem alteração do valor energético para o animal ou prejuízo a produção de leite, e mantendo as características organolépticas do queijo.

## **APÊNDICES**

## APÊNDICE A – Questionário de recrutamento dos provadores para análise sensorial.

## QUESTIONÁRIO PARA RECRUTAMENTO DOS PROVADORES

Nome: \_\_\_\_\_

Telefone: \_\_\_\_\_ E-mail: \_\_\_\_\_

Profissão: \_\_\_\_\_

Sexo:            ☐ Masculino            ☐ FemininoFaixa etária:   ☐ 15 – 20 anos            ☐ 20 – 40 anos            ☐ 40 – 60 anosEscolaridade: ☐ Ensino médio incompleto            ☐ Ensino médio completo☐ Ensino superior incompleto            ☐ Ensino superior completo☐ Pós-graduação

Cite alimentos e/ou ingredientes que você não gosta de comer ou beber?

\_\_\_\_\_

Você tem conhecimento de que seja alérgico a algum alimento? Qual? \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Quais são os produtos lácteos de sua preferência?

\_\_\_\_\_

Com que frequência você consome queijo?

☐ menos de 1 vez por mês            ☐ 1 a 2 vezes por mês            ☐ 1 vez por semana☐ 2 a 3 vezes por semana            ☐ 4 vezes ou mais por semana☐ todos os dias            ☐ nunca

Você já teve oportunidade de experimentar queijo de leite de cabra?

☐ Sim            ☐ Não            Qual sua opinião? \_\_\_\_\_

Você entende o que significa atributos sensoriais de um alimento (sabor, consistência, aparência)?

☐ Sim            ☐ NãoVocê já participou de uma Análise Sensorial? ☐ Sim            ☐ Não

Obrigada.

## APÊNDICE B – Teste triangular

NOME: \_\_\_\_\_ DATA: \_\_\_\_\_

## TESTE TRIANGULAR

Você está recebendo três amostras de queijo. Duas amostras são iguais e uma diferente. Deguste cuidadosamente cada uma das amostras, na ordem em que estão sendo apresentadas e identifique com um círculo a amostra diferente quanto ao *flavour*.

\_\_\_\_\_

Comentários: \_\_\_\_\_

## APÊNDICE C – Ficha de treinamento I do desenvolvimento da terminologia descritiva

NOME: \_\_\_\_\_ DATA: \_\_\_\_\_

Você está recebendo duas amostras de queijo. Por favor, avalie as amostras codificadas quantificando a intensidade do gosto percebido por meio das escalas abaixo. Marque com um “X” a posição na escala numérica que corresponde à intensidade percebida para cada amostra.

Sabor Ácido: \_\_\_\_\_

1 2 3 4 5

|  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|
|  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|

Pouco intenso

Muito intenso

Sabor Salgado: \_\_\_\_\_

1 2 3 4 5

|  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|
|  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|

Pouco intenso

Muito intenso

APÊNDICE D – Ficha de treinamento II do desenvolvimento da terminologia descritiva.

Nome: \_\_\_\_\_ Data \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Analise os queijos **A**, **B** e **C** apresentados. Anote no espaço reservado a observações tudo aquilo que se destaca nos queijos (presença de defeitos, características particulares, considerações que achar importantes, etc).

Cód.    1   2   3   4   5    Observações

**Aspecto externo**

|                    |           |          |  |  |  |  |  |
|--------------------|-----------|----------|--|--|--|--|--|
| Aspecto úmido/seco | 1 - Úmido | <b>A</b> |  |  |  |  |  |
|                    |           | <b>B</b> |  |  |  |  |  |
|                    | 5 - Seco  | <b>C</b> |  |  |  |  |  |

**Textura**

|              |                    |          |  |  |  |  |  |
|--------------|--------------------|----------|--|--|--|--|--|
| Dureza       | 1 - Mole           | <b>A</b> |  |  |  |  |  |
|              |                    | <b>B</b> |  |  |  |  |  |
|              | 5 - Dura           | <b>C</b> |  |  |  |  |  |
| Elasticidade | 1 - Pouco elástica | <b>A</b> |  |  |  |  |  |
|              |                    | <b>B</b> |  |  |  |  |  |
|              | 5 - Muito elástica | <b>C</b> |  |  |  |  |  |

**Flavor**

|                    |                   |          |  |  |  |  |  |
|--------------------|-------------------|----------|--|--|--|--|--|
| Intensidade Global | 1 - Pouco intenso | <b>A</b> |  |  |  |  |  |
|                    |                   | <b>B</b> |  |  |  |  |  |
|                    | 5 - Muito intenso | <b>C</b> |  |  |  |  |  |
| Manteiga/Rançoso   | 1 - Pouco intenso | <b>A</b> |  |  |  |  |  |
|                    |                   | <b>B</b> |  |  |  |  |  |
|                    | 5 - Muito intenso | <b>C</b> |  |  |  |  |  |
| Aromático          | 1 - Pouco intenso | <b>A</b> |  |  |  |  |  |
|                    |                   | <b>B</b> |  |  |  |  |  |
|                    | 5 - Muito intenso | <b>C</b> |  |  |  |  |  |

**Comentários:**

## APÊNDICE E – Ficha de prova de um queijo (página 1)

Nome: \_\_\_\_\_ Data \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

**FICHA DE PROVA DE UM QUEIJO**

Analise os queijos A, B, C e D apresentados. Anote no espaço reservado a observações tudo aquilo que se destaca nos queijos (presença de defeitos, características particulares, considerações que achar importantes, etc).

| <b><u>Aspecto externo</u></b> |                               | Cód.               | 1                 | 2        | 3 | 4 | 5 | <b><u>Observações</u></b> |  |
|-------------------------------|-------------------------------|--------------------|-------------------|----------|---|---|---|---------------------------|--|
| Aspecto seco/úmido            | 1 – Seco                      | <b>A</b>           |                   |          |   |   |   |                           |  |
|                               |                               | <b>B</b>           |                   |          |   |   |   |                           |  |
|                               | 5 - Úmido                     | <b>C</b>           |                   |          |   |   |   |                           |  |
|                               |                               | <b>D</b>           |                   |          |   |   |   |                           |  |
| <b><u>Odor</u></b>            | Intensidade Global            | 1 - Pouco intenso  | <b>A</b>          |          |   |   |   |                           |  |
|                               |                               |                    | <b>B</b>          |          |   |   |   |                           |  |
|                               |                               | 5 - Muito intenso  | <b>C</b>          |          |   |   |   |                           |  |
|                               |                               |                    | <b>D</b>          |          |   |   |   |                           |  |
|                               | Leite de cabra                | 1 - Pouco intenso  | <b>A</b>          |          |   |   |   |                           |  |
|                               |                               |                    | <b>B</b>          |          |   |   |   |                           |  |
|                               |                               | 5 - Muito intenso  | <b>C</b>          |          |   |   |   |                           |  |
|                               |                               |                    | <b>D</b>          |          |   |   |   |                           |  |
|                               | Manteiga/Rançoso              | 1 - Pouco intenso  | <b>A</b>          |          |   |   |   |                           |  |
|                               |                               |                    | <b>B</b>          |          |   |   |   |                           |  |
|                               |                               | 5 - Muito intenso  | <b>C</b>          |          |   |   |   |                           |  |
|                               |                               |                    | <b>D</b>          |          |   |   |   |                           |  |
| Aromático                     | 1 - Pouco intenso             | <b>A</b>           |                   |          |   |   |   |                           |  |
|                               |                               | <b>B</b>           |                   |          |   |   |   |                           |  |
|                               | 5 - Muito intenso             | <b>C</b>           |                   |          |   |   |   |                           |  |
|                               |                               | <b>D</b>           |                   |          |   |   |   |                           |  |
| <b><u>Textura</u></b>         | Dureza                        | 1 – Mole           | <b>A</b>          |          |   |   |   |                           |  |
|                               |                               |                    | <b>B</b>          |          |   |   |   |                           |  |
|                               |                               | 5 - Dura           | <b>C</b>          |          |   |   |   |                           |  |
|                               |                               |                    | <b>D</b>          |          |   |   |   |                           |  |
|                               | Elasticidade                  | 1 - Pouco elástica | <b>A</b>          |          |   |   |   |                           |  |
|                               |                               |                    | <b>B</b>          |          |   |   |   |                           |  |
|                               |                               | 5 - Muito elástica | <b>C</b>          |          |   |   |   |                           |  |
|                               |                               |                    | <b>D</b>          |          |   |   |   |                           |  |
|                               | <b><u>Sabores básicos</u></b> | Ácido              | 1 - Pouco intenso | <b>A</b> |   |   |   |                           |  |
|                               |                               |                    |                   | <b>B</b> |   |   |   |                           |  |
|                               |                               |                    | 5 - Muito intenso | <b>C</b> |   |   |   |                           |  |
|                               |                               |                    |                   | <b>D</b> |   |   |   |                           |  |
| Salgado                       |                               | 1 - Pouco intenso  | <b>A</b>          |          |   |   |   |                           |  |
|                               |                               |                    | <b>B</b>          |          |   |   |   |                           |  |
|                               |                               | 5 - Muito intenso  | <b>C</b>          |          |   |   |   |                           |  |
|                               |                               |                    | <b>D</b>          |          |   |   |   |                           |  |

## APÊNDICE E – Ficha de prova de um queijo (página 2)

|                           |                    |                   | Cód. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | <u>Observações</u> |
|---------------------------|--------------------|-------------------|------|---|---|---|---|---|--------------------|
| <b><u>Flavor</u></b>      | Intensidade Global | 1 - Pouco intenso | A    |   |   |   |   |   |                    |
|                           |                    |                   | B    |   |   |   |   |   |                    |
|                           |                    | 5 - Muito intenso | C    |   |   |   |   |   |                    |
|                           |                    |                   | D    |   |   |   |   |   |                    |
|                           | Manteiga/Rançoso   | 1 - Pouco intenso | A    |   |   |   |   |   |                    |
|                           |                    |                   | B    |   |   |   |   |   |                    |
|                           |                    | 5 - Muito intenso | C    |   |   |   |   |   |                    |
|                           |                    |                   | D    |   |   |   |   |   |                    |
|                           | Cabra              | 1 - Pouco intenso | A    |   |   |   |   |   |                    |
|                           |                    |                   | B    |   |   |   |   |   |                    |
|                           |                    | 5 - Muito intenso | C    |   |   |   |   |   |                    |
|                           |                    |                   | D    |   |   |   |   |   |                    |
|                           | Aromático          | 1 - Pouco intenso | A    |   |   |   |   |   |                    |
|                           |                    |                   | B    |   |   |   |   |   |                    |
|                           |                    | 5 - Muito intenso | C    |   |   |   |   |   |                    |
|                           |                    |                   | D    |   |   |   |   |   |                    |
| <b><u>After taste</u></b> | Intensidade        | 1 - Pouco intenso | A    |   |   |   |   |   |                    |
|                           |                    |                   | B    |   |   |   |   |   |                    |
|                           |                    | 5 - Muito intenso | C    |   |   |   |   |   |                    |
|                           |                    |                   | D    |   |   |   |   |   |                    |
|                           | Persistência       | 1 - Pouco intenso | A    |   |   |   |   |   |                    |
|                           |                    |                   | B    |   |   |   |   |   |                    |
|                           |                    | 5 - Muito intenso | C    |   |   |   |   |   |                    |
|                           |                    |                   | D    |   |   |   |   |   |                    |
| <b>Comentários:</b>       |                    |                   |      |   |   |   |   |   |                    |

## **ANEXOS**

## ANEXO 1: Instruções aos autores para submissão ao periódico *Small Ruminant Research*

### Article structure

Manuscripts should have numbered lines, with wide margins and double spacing throughout, i.e. also for abstracts, footnotes and references. Every page of the manuscript, including the title page, references, tables, etc., should be numbered. However, in the text no reference should be made to page numbers; if necessary one may refer to sections. Avoid excessive usage of italics to emphasize part of the text.

Manuscripts in general should be organized in the following order:

- Abstract
- Keywords (indexing terms), normally 3-6 items
- Introduction
- Material studied, area descriptions, methods, techniques
- Results
- Discussion
- Conclusion
- Acknowledgment and any additional information concerning research grants, etc.
- References

### Essential title page information

- **Title.** Concise and informative. Titles are often used in information-retrieval systems. Avoid abbreviations and formulae where possible.
- **Author names and affiliations.** Where the family name may be ambiguous (e.g., a double name), please indicate this clearly. Present the authors' affiliation addresses (where the actual work was done) below the names. Indicate all affiliations with a lower-case superscript letter immediately after the author's name and in front of the appropriate address. Provide the full postal address of each affiliation, including the country name and, if available, the e-mail address of each author.
- **Corresponding author.** Clearly indicate who will handle correspondence at all stages of refereeing and publication, also post-publication. **Ensure that telephone and fax numbers (with country and area code) are provided in addition to the e-mail address and the complete postal address. Contact details must be kept up to date by the corresponding author.**
- **Present/permanent address.** If an author has moved since the work described in the article was done, or was visiting at the time, a 'Present address' (or 'Permanent address') may be indicated as a footnote to that author's name. The address at which the author actually did the work must be retained as the main, affiliation address. Superscript Arabic numerals are used for such footnotes.

### Abstract

A concise and factual abstract is required. The abstract should state briefly the purpose of the research, the principal results and major conclusions. An abstract is often presented separately from the article, so it must be able to stand alone. For this reason, References should be avoided, but if essential, then cite the author(s) and year(s). Also, non-standard or uncommon abbreviations should be avoided, but if essential they must be defined at their first mention in the abstract itself.

### Nomenclature and units

Follow internationally accepted rules and conventions: use the international system of units (SI). If other quantities are mentioned, give their equivalent in SI. You are urged to consult IUB: Biochemical Nomenclature and Related Documents: <http://www.chem.qmw.ac.uk/iubmb/> for further information.

Authors are, by general agreement, obliged to accept the rules governing biological nomenclature, as laid down in the *International Code of Botanical Nomenclature*, the *International Code of Nomenclature of Bacteria*, and the *International Code of Zoological Nomenclature*.

All biotica (crops, plants, insects, birds, mammals, etc.) should be identified by their scientific names when the English term is first used, with the exception of common domestic animals. All biocides and other organic compounds must be identified by their Geneva names when first used in the text. Active ingredients of all formulations should be likewise identified.

## Math formulae

Present simple formulae in the line of normal text where possible and use the solidus (/) instead of a horizontal line for small fractional terms, e.g., X/Y. In principle, variables are to be presented in italics. Powers of e are often more conveniently denoted by exp. Number consecutively any equations that have to be displayed separately from the text (if referred to explicitly in the text).

Equations should be numbered serially at the right-hand side in parentheses. In general only equations explicitly referred to in the text need be numbered.

The use of fractional powers instead of root signs is recommended. Powers of e are often more conveniently denoted by exp.

Levels of statistical significance which can be mentioned without further explanation are \*P<0.05, \*\*P<0.01 and \*\*\*P<0.001.

In chemical formulae, valence of ions should be given as, e.g. Ca<sup>2+</sup>, not as Ca<sup>++</sup>.

Isotope numbers should precede the symbols, e.g. <sup>18</sup>O.

The repeated writing of chemical formulae in the text is to be avoided where reasonably possible; instead, the name of the compound should be given in full. Exceptions may be made in the case of a very long name occurring very frequently or in the case of a compound being described as the end product of a gravimetric determination (e.g. phosphate as P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>).

## Footnotes

Footnotes should be used sparingly. Number them consecutively throughout the article, using superscript Arabic numbers. Many wordprocessors build footnotes into the text, and this feature may be used. Should this not be the case, indicate the position of footnotes in the text and present the footnotes themselves separately at the end of the article. Do not include footnotes in the Reference list.

### Table footnotes

Indicate each footnote in a table with a superscript lowercase letter.

## Artwork

### Electronic artwork

#### General points

- Make sure you use uniform lettering and sizing of your original artwork.
- Save text in illustrations as 'graphics' or enclose the font.
- Only use the following fonts in your illustrations: Arial, Courier, Times, Symbol.
- Number the illustrations according to their sequence in the text.
- Use a logical naming convention for your artwork files.
- Provide captions to illustrations separately.
- Produce images near to the desired size of the printed version.
- Submit each figure as a separate file.

A detailed guide on electronic artwork is available on our website:

<http://www.elsevier.com/artworkinstructions>

**You are urged to visit this site; some excerpts from the detailed information are given here.**

### Formats

Regardless of the application used, when your electronic artwork is finalised, please 'save as' or convert the images to one of the following formats (note the resolution requirements for line drawings, halftones, and line/halftone combinations given below):

EPS: Vector drawings. Embed the font or save the text as 'graphics'.

TIFF: Color or grayscale photographs (halftones): always use a minimum of 300 dpi.

TIFF: Bitmapped line drawings: use a minimum of 1000 dpi.

TIFF: Combinations bitmapped line/half-tone (color or grayscale): a minimum of 500 dpi is required.

If your electronic artwork is created in a Microsoft Office application (Word, PowerPoint, Excel) then please supply 'as is'.

### Please do not:

- Supply files that are optimised for screen use (e.g., GIF, BMP, PICT, WPG); the resolution is too low;

- Supply files that are too low in resolution;
- Submit graphics that are disproportionately large for the content.

### **Color artwork**

Please make sure that artwork files are in an acceptable format (TIFF, EPS or MS Office files) and with the correct resolution. If, together with your accepted article, you submit usable color figures then Elsevier will ensure, at no additional charge, that these figures will appear in color on the Web (e.g., ScienceDirect and other sites) regardless of whether or not these illustrations are reproduced in color in the printed version. **For color reproduction in print, you will receive information regarding the costs from Elsevier after receipt of your accepted article.** Please indicate your preference for color: in print or on the Web only. For further information on the preparation of electronic artwork, please see <http://www.elsevier.com/artworkinstructions>.

Please note: Because of technical complications which can arise by converting color figures to 'gray scale' (for the printed version should you not opt for color in print) please submit in addition usable black and white versions of all the color illustrations.

### **Figure captions**

Ensure that each illustration has a caption. Supply captions separately, not attached to the figure. A caption should comprise a brief title (**not** on the figure itself) and a description of the illustration. Keep text in the illustrations themselves to a minimum but explain all symbols and abbreviations used.

### **Tables**

Number tables consecutively in accordance with their appearance in the text. Place footnotes to tables below the table body and indicate them with superscript lowercase letters. Avoid vertical rules. Be sparing in the use of tables and ensure that the data presented in tables do not duplicate results described elsewhere in the article.

### **References**

#### **Web references**

As a minimum, the full URL should be given and the date when the reference was last accessed. Any further information, if known (DOI, author names, dates, reference to a source publication, etc.), should also be given. Web references can be listed separately (e.g., after the reference list) under a different heading if desired, or can be included in the reference list.

#### **Reference style**

*Text:* All citations in the text should refer to:

1. *Single author:* the author's name (without initials, unless there is ambiguity) and the year of publication;
2. *Two authors:* both authors' names and the year of publication;
3. *Three or more authors:* first author's name followed by 'et al.' and the year of publication.

Citations may be made directly (or parenthetically). Groups of references should be listed first alphabetically, then chronologically.

Examples: 'as demonstrated (Allan, 2000a, 2000b, 1999; Allan and Jones, 1999). Kramer et al. (2010) have recently shown ....'

*List:* References should be arranged first alphabetically and then further sorted chronologically if necessary.

More than one reference from the same author(s) in the same year must be identified by the letters 'a', 'b', 'c', etc., placed after the year of publication.

*Examples:*

Reference to a journal publication:

Van der Geer, J., Hanraads, J.A.J., Lupton, R.A., 2010. The art of writing a scientific article. *J. Sci. Commun.* 163, 51–59.

Reference to a book:

Strunk Jr., W., White, E.B., 2000. *The Elements of Style*, fourth ed. Longman, New York.

Reference to a chapter in an edited book:

Mettam, G.R., Adams, L.B., 2009. How to prepare an electronic version of your article, in: Jones, B.S., Smith, R.Z. (Eds.), *Introduction to the Electronic Age*. E-Publishing Inc., New York, pp. 281–304.

## ANEXO 2: Instruções aos autores para submissão ao periódico *Livestock Science*

---

### Article structure

Manuscripts should have numbered lines, with wide margins and double spacing throughout, i.e. also for abstracts, footnotes and references. Every page of the manuscript, including the title page, references, tables, etc., should be numbered. However, in the text no reference should be made to page numbers; if necessary, one may refer to sections. Avoid excessive usage of italics to emphasise part of the text.

Manuscripts in general should be organised in the following order:

- Title should be clear, descriptive and not too long
- Abstract
- Keywords (indexing terms)
- Introduction
- Material studied, area descriptions, methods, techniques
- Results
- Discussion
- Conclusion
- Acknowledgment and any additional information concerning research grants, and so on
- References
- Figure captions
- Figures (separate file(s))
- Tables (separate file(s))

### Essential title page information

- **Title.** Concise and informative. Titles are often used in information-retrieval systems. Avoid abbreviations and formulae where possible.
- **Author names and affiliations.** Where the family name may be ambiguous (e.g., a double name), please indicate this clearly. Present the authors' affiliation addresses (where the actual work was done) below the names. Indicate all affiliations with a lower-case superscript letter immediately after the author's name and in front of the appropriate address. Provide the full postal address of each affiliation, including the country name and, if available, the e-mail address of each author.
- **Corresponding author.** Clearly indicate who will handle correspondence at all stages of refereeing and publication, also post-publication. **Ensure that telephone and fax numbers (with country and area code) are provided in addition to the e-mail address and the complete postal address. Contact details must be kept up to date by the corresponding author.**
- **Present/permanent address.** If an author has moved since the work described in the article was done, or was visiting at the time, a 'Present address' (or 'Permanent address') may be indicated as a footnote to that author's name. The address at which the author actually did the work must be retained as the main, affiliation address. Superscript Arabic numerals are used for such footnotes.

### Abstract

A concise and factual abstract is required. The abstract should state briefly the purpose of the research, the principal results and major conclusions. An abstract is often presented separately from the article, so it must be able to stand alone. For this reason, References should be avoided, but if essential, then cite the author(s) and year(s). Also, non-standard or uncommon abbreviations should be avoided, but if essential they must be defined at their first mention in the abstract itself.

The abstract should not be longer than 400 words.

### Keywords

Immediately after the abstract, provide a maximum of 6 keywords, using American spelling and avoiding general and plural terms and multiple concepts (avoid, for example, 'and', 'of'). Be sparing with abbreviations: only abbreviations firmly established in the field may be eligible. These keywords will be used for indexing purposes.

## Nomenclature and units

Follow internationally accepted rules and conventions: use the international system of units (SI). If other quantities are mentioned, give their equivalent in SI. You are urged to consult IUB: Biochemical Nomenclature and Related Documents: <http://www.chem.qmw.ac.uk/iubmb/> for further information.

Authors and Editors are, by general agreement, obliged to accept the rules governing biological nomenclature, as laid down in the *International Code of Botanical Nomenclature*, the *International Code of Nomenclature of Bacteria*, and the *International Code of Zoological Nomenclature*.

All biotica (crops, plants, insects, birds, mammals, etc.) should be identified by their scientific names when the English term is first used, with the exception of common domestic animals. All biocides and other organic compounds must be identified by their Geneva names when first used in the text. Active ingredients of all formulations should be likewise identified.

## Math formulae

Present simple formulae in the line of normal text where possible and use the solidus (/) instead of a horizontal line for small fractional terms, e.g., X/Y. In principle, variables are to be presented in italics. Powers of e are often more conveniently denoted by exp. Number consecutively any equations that have to be displayed separately from the text (if referred to explicitly in the text).

Equations should be numbered serially at the right-hand side in parentheses. In general only equations explicitly referred to in the text need be numbered.

The use of fractional powers instead of root signs is recommended. Powers of e are often more conveniently denoted by exp.

Levels of statistical significance which can be mentioned without further explanation are \*P < 0.05, \*\*P < 0.01 and \*\*\*P < 0.001.

In chemical formulae, valence of ions should be given as, e.g. Ca<sup>2+</sup>, not as Ca<sup>++</sup>.

Isotope numbers should precede the symbols, e.g. <sup>18</sup>O.

The repeated writing of chemical formulae in the text is to be avoided where reasonably possible; instead, the name of the compound should be given in full. Exceptions may be made in the case of a very long name occurring very frequently or in the case of a compound being described as the end product of a gravimetric determination (e.g. phosphate as P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>).

## Footnotes

Footnotes should be used sparingly. Number them consecutively throughout the article, using superscript Arabic numbers. Many wordprocessors build footnotes into the text, and this feature may be used. Should this not be the case, indicate the position of footnotes in the text and present the footnotes themselves separately at the end of the article. Do not include footnotes in the Reference list.

### Table footnotes

Indicate each footnote in a table with a superscript lowercase letter.

## Artwork

### Electronic artwork

#### General points

- Make sure you use uniform lettering and sizing of your original artwork.
- Save text in illustrations as 'graphics' or enclose the font.
- Only use the following fonts in your illustrations: Arial, Courier, Times, Symbol.
- Number the illustrations according to their sequence in the text.
- Use a logical naming convention for your artwork files.
- Provide captions to illustrations separately.
- Produce images near to the desired size of the printed version.
- Submit each figure as a separate file.

A detailed guide on electronic artwork is available on our website:

<http://www.elsevier.com/artworkinstructions>

---

**You are urged to visit this site; some excerpts from the detailed information are given here.**

#### *Formats*

Regardless of the application used, when your electronic artwork is finalised, please 'save as' or convert the images to one of the following formats (note the resolution requirements for line drawings, halftones, and line/halftone combinations given below):

EPS: Vector drawings. Embed the font or save the text as 'graphics'.

TIFF: Color or grayscale photographs (halftones): always use a minimum of 300 dpi.

TIFF: Bitmapped line drawings: use a minimum of 1000 dpi.

TIFF: Combinations bitmapped line/half-tone (color or grayscale): a minimum of 500 dpi is required.

If your electronic artwork is created in a Microsoft Office application (Word, PowerPoint, Excel) then please supply 'as is'.

#### **Please do not:**

- Supply files that are optimised for screen use (e.g., GIF, BMP, PICT, WPG); the resolution is too low;
- Supply files that are too low in resolution;
- Submit graphics that are disproportionately large for the content.

#### **Color artwork**

Please make sure that artwork files are in an acceptable format (TIFF, EPS or MS Office files) and with the correct resolution. If, together with your accepted article, you submit usable color figures then Elsevier will ensure, at no additional charge, that these figures will appear in color on the Web (e.g., ScienceDirect and other sites) regardless of whether or not these illustrations are reproduced in color in the printed version. **For color reproduction in print, you will receive information regarding the costs from Elsevier after receipt of your accepted article.** Please indicate your preference for color: in print or on the Web only. For further information on the preparation of electronic artwork, please see <http://www.elsevier.com/artworkinstructions>.

Please note: Because of technical complications which can arise by converting color figures to 'gray scale' (for the printed version should you not opt for color in print) please submit in addition usable black and white versions of all the color illustrations.

#### **Tables**

Number tables consecutively in accordance with their appearance in the text. Place footnotes to tables below the table body and indicate them with superscript lowercase letters. Avoid vertical rules. Be sparing in the use of tables and ensure that the data presented in tables do not duplicate results described elsewhere in the article.

#### **References**

References concerning unpublished data and "personal communications" should not be cited in the reference list but may be mentioned in the text.

#### **Reference style**

*Text:* All citations in the text should refer to:

1. *Single author:* the author's name (without initials, unless there is ambiguity) and the year of publication;
2. *Two authors:* both authors' names and the year of publication;
3. *Three or more authors:* first author's name followed by 'et al.' and the year of publication.

Citations may be made directly (or parenthetically). Groups of references should be listed first alphabetically, then chronologically.

Examples: 'as demonstrated (Allan, 2000a, 2000b, 1999; Allan and Jones, 1999). Kramer et al. (2010) have recently shown ....'

*List:* References should be arranged first alphabetically and then further sorted chronologically if necessary.

More than one reference from the same author(s) in the same year must be identified by the letters 'a', 'b', 'c', etc., placed after the year of publication.

*Examples:*

Reference to a journal publication:

Van der Geer, J., Hanraads, J.A.J., Lupton, R.A., 2010. The art of writing a scientific article. *J. Sci. Commun.* 163, 51–59.

Reference to a book:

Strunk Jr., W., White, E.B., 2000. *The Elements of Style*, fourth ed. Longman, New York.

Reference to a chapter in an edited book:

Mettam, G.R., Adams, L.B., 2009. How to prepare an electronic version of your article, in: Jones, B.S., Smith, R.Z. (Eds.), *Introduction to the Electronic Age*. E-Publishing Inc., New York, pp. 281–304.

***Journal abbreviations source***

Journal names should be abbreviated according to

Index Medicus journal abbreviations: <http://www.nlm.nih.gov/tsd/serials/lji.html> ;

List of title word abbreviations: <http://www.issn.org/2-22661-LTWA-online.php> ;

CAS (Chemical Abstracts Service): <http://www.cas.org/content/references/corejournals> .