

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
ESCOLA DE VETERINÁRIA
Colegiado dos Cursos de Pós-Graduação**

**DIGESTÃO E DESEMPENHO DE VACAS LEITEIRAS CONSUMINDO
DIETAS COM CASTANHA DE CAJU**

PATRÍCIA GUIMARÃES PIMENTEL

**BELO HORIZONTE - MG
ESCOLA DE VETERINÁRIA-UFMG
2007**

Patrícia Guimarães Pimentel

Digestão e Desempenho de Vacas Leiteiras Consumindo Dietas com Castanha de Caju

Tese apresentada à Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para obtenção do grau de Doutor em Zootecnia

Área de concentração: Nutrição Animal

Orientador: Prof. Ronaldo Braga Reis

Co-orientador: Dr. Warley Efrem Campos

Belo Horizonte - MG
Escola de Veterinária - UFMG
2007

P651d Pimentel, Patricia Guimarães, 1976-
Digestão e desempenho de vacas leiteiras consumindo dietas com castanha de caju / Patricia
Guimarães Pimentel. - 2007.
95 p. : il.

Orientador: Ronaldo Braga Reis

Co-orientador: Warley Efreem Campos

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária

Inclui bibliografia

1. Bovino de leite – Alimentação e rações – Teses. 2. Dieta em veterinária – Teses.
3. Castanha de caju como ração – Teses. 4. Leite – Produção – Teses. I. Reis, Ronaldo
Braga. II. Campos, Warley Efreem. III. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de
Veterinária. IV. Título.

CDD – 636.214 085

Tese definida e aprovada em 30 de março de 2007
pela comissão examinadora constituída por:

Prof. Ronaldo Braga Reis
(Orientador)

Prof. José Neuman Miranda Neiva

Prof. Marcos Neves Pereira

Profa. Ana Luiza Costa Cruz Borges

Prof. Iran Borges

DEDICO

A Deus que me permitiu viver essa experiência.
À Nossa Senhora pelo consolo nas horas difíceis e presença nos momentos alegres.

Ao meu Painho, Antônio Freire Pimentel, dedico não só este trabalho, mas também meu amor eterno e admiração sem limites.

À minha linda Mainha, Maria do Carmo, por ser tão magnífica. Minha força vem dela.

Aos meus Padrinhos, amados e inesquecíveis, Petrônio e Santinha.

À tia Madalena e tio Moacyr pelo carinho irrestrito.

Às minhas irmãs Cynara, Fabíola, Cláudia, Valéria e Cecília pelo conforto de acreditarem e torcerem sempre por minha vitória.

Ao meu irmão Juninho por ser tão carinhoso.

Aos meus cunhados Humberto, Fernando, Evandro, Paulo e Portelinha pelo apoio e confiança.

Aos meus incríveis sobrinhos Camila, Bruno, João Víctor, Kael, Arthur, Maria Cláudia, Lucca e Letícia por sempre me fazerem sentir tão amada e por pedirem para eu voltar logo para casa.

Não tenho palavras para descrever minha família. Chega a doer o Amor que sinto por eles. Esse Amor fez com que eu chegasse até aqui.

Ao Rommel, meu amor, por Tudo e esse Tudo é tão imenso que daria outra Tese.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Minas Gerais pela oportunidade de realização do Curso de Doutorado.

À Universidade Federal do Ceará por minha formação profissional, tanto na Graduação, quanto no Mestrado e pelo apoio com parte do material utilizado nesta pesquisa.

Ao Banco do Nordeste do Brasil S.A pelo apoio financeiro da pesquisa e por acreditar na importância da realização do projeto.

À Agropecuária Asa Branca, na pessoa do empresário Petrônio Nunes da Silva, por se propor a investir na concretização da pesquisa.

À CAPES pela concessão da bolsa de estudos.

Ao professor Ronaldo Braga Reis por ir além das minhas expectativas como pessoa e profissional, sempre comprometido com a verdade. Sua orientação fez com que cada dia longe de casa fosse compensado por novas experiências que sempre me acompanharão na vida. Tive muita sorte em ser sua orientada. Muito obrigada.

Ao professor Neuman que desde a graduação tem sido exemplo de força, seriedade, competência e companheirismo. A certeza de seu apoio e amizade irrestrita tornou o caminho mais tênue.

Ao grande amigo e co-orientador Warley Efreim Campos pela paciência e auxílio em todas as etapas da pesquisa, por ser uma pessoa incrivelmente companheira e pelos momentos de descontração.

Ao professor Iran que nos abrilhanta com sua inteligência e solicitude, a sua esposa Neusinha cuja meiguice nos conforta e ao seu filho Rodrigo pela presença alegre em nossos encontros. Os momentos de convivência são inesquecíveis.

Ao professor Arlindo Moura, que mesmo à distância se mostrou disposto a ajudar sempre que necessário.

À professora Ana Luiza por sua compreensão e presteza sempre que solicitada.

Ao professor Marcos Neves Pereira pela participação na banca de defesa.

À professora Eloísa e Norberto por estarem sempre de portas abertas.

À professora Ângela Quintão pelo auxílio nas análises estatísticas.

A todos os professores da Escola de Veterinária da UFMG pelo exemplo de profissionais competentes e comprometidos com o trabalho.

À Fazenda Experimental Professor Hélio Barbosa/UFMG pela realização do experimento. Com especial atenção, aos funcionários e amigos fiéis, Ailton, Seu Geraldo, Pedrinho, Chengo, Jovino, Leo, Juninho, Dn. Maria, Dirce, Iolanda e tantos outros, por tornarem esta fase tão especial e incrivelmente agradável.

Aos funcionários do Laboratório de Nutrição Animal da EV/UFMG, Toninho, Carlos, Margô, Kelly, Marcos, Mateus e estagiários, por terem se tornado nossos amigos ao longo do caminho, pelas conversas, pela torcida e pelas festinhas surpresa tão divertidas.

A Danilo Bastos pela paciência, interesse e empenho em auxiliar no que fosse possível e principalmente na viagem pela estatística.

À Nilda e Eliane do Colegiado de Pós-graduação pelo carinho, atenção e esforço incansável para que tudo sempre corresse bem.

À Janaína Januário da Silva, peça chave e rara, que representou minha família em Minas. Agradeço muito a Deus por tê-la colocado em minha vida e pôr todos os momentos especiais que vivemos juntas. Durante esse período fomos uma só pessoa enfrentando e ultrapassando de mãos dadas todos os percalços e alegrias desses anos tão inesquecíveis para nós duas. Você sempre morará no meu coração, minha amiga e irmã.

Aos meus amigos tão queridos, todos guerreiros e companheiros de uma vida toda, Ana Cristina, Maria Paulinha, Paulinha, Salete, Yuri, Leonilia, Silas, Guilherme, Luciano, Andreza, Fred, Rui, Carol, Warley, Breno Mourão, Leo Leite, Kiko, Claudinha, Ângela, Isabel, Gerusa, Armanda, Fernando Henrique, Bete, Jorge, Ana Maria, Durval. Amo vocês.

Ao amigo Gabriel por “*las clases de Español*” e pelo carinho.

Aos novos amigos Juliana Cordeiro, Wilson, Mariana Magalhães, Ricardo Reis, Helena, Carlos, Juliana Colodo, Natália Guarinos e tantos outros.

Ao Sr. Ribamar e Dona Fátima pelo apoio, carinho, confiança e amizade que investiram em mim durante todos esses anos.

Ao todos meus amigos de Fortaleza, e em especial a Daniel, Priscila, Caio, Lui, Ricardo e o Gabriel que está vindo por aí. Sempre senti o forte carinho de vocês.

Aos amigos do Grupo de Pesquisa e Extensão em Bovinocultura de Leite (GPLeite), pela convivência harmoniosa, construtiva, pelo companheirismo e esforço conjunto.

Aos estagiários Ran Fan, André e Silvinha pelo comprometimento com a pesquisa e amizade.

À Minas Gerais, minha casa durante estes anos, pela paisagem, pelo clima, pelas pessoas, pelas experiências, por meu crescimento pessoal, pelo aroma das flores da Dama da noite, por tudo. Faria tudo novamente.

Principalmente, às minhas amadas vaquinhas, por serem tão queridas e especiais, pela colaboração e por terem se comportado tão bem, principalmente na fase experimental.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste sonho.

QUIXERAMOBIM

As marcas do tempo e do homem
Estão nas águas do rio faceiro
Nas escritas rupestres também
Na eterna sombra do Conselheiro
Na alma do Santo Antônio padroeiro

No aboio contrito do vaqueiro
Vagando pelas matas, noites a fio
No gemido do escravo no terreiro
Nas congadas, rezas e danças do estio
A remoer dor, alegria, calor e frio

No brilho das pedras e gemas tão belas
No mormaço das tardes de setembro daqui
No sino das centenárias igrejas e capelas
No ar juvenil do sopro alegre do “aracati”
Na saudade que eu tenho de ti

Na bravura do teu povo gentil e hospitaleiro
A palomilhar sua estrada com raça e coragem
Com a certeza filial do Deus verdadeiro
Sem temer qualquer desafio nessa viagem
Com a certeza de garantir sua boa imagem

Quixeramobim, meu amor infinito
Quixeramobim, meu poema mais bonito

Joaquim Pontes Brito

O que o Ceará tem

As belezas do Ceará
Estão por toda parte
Vê-se em todo lugar
Parecem obras de arte

As riquezas do Ceará
Do litoral ao sertão
É impossível enumerar
Usem a imaginação

As praias do Ceará
As mais lindas do mundo
Não preciso exagerar
Conheço todas a fundo

O clima do Ceará
É quente o ano inteiro
Faz o turista gastar
Parte do seu dinheiro

O folclore do Ceará
Único e tradicional
Impossível de imitar
Sua forma especial

A cultura do Ceará
É celeiro do Humor
Dando para exportar
Da alegria o sabor

A hospitalidade do Ceará
É de dar inveja aos sulistas
Não estou querendo inventar
Pode perguntar aos turistas

A culinária do Ceará
Recheada de iguarias
É um verdadeiro manjar
As suas especiarias

O patrimônio do Ceará
É muito bem preservado
Fazemos questão de zelar
Por este nosso legado

O Povo do Ceará
É humilde e feliz
Podendo apreciar
Tudo que sempre quis

Joaquim da Rocha

SUMÁRIO

| | |
|--|----|
| LISTA DE TABELAS | 11 |
| LISTA DE FIGURAS | 14 |
| RESUMO | 16 |
| ABSTRACT | 17 |
| INTRODUÇÃO GERAL | 18 |
| CAPÍTULO 1 - Revisão de Literatura | 20 |
| 1.1 Utilização de subprodutos agroindustriais na alimentação de ruminantes | 20 |
| 1.2 Caracterização da castanha de caju | 20 |
| 1.3 Uso de lipídeos na alimentação de ruminantes | 25 |
| 1.3.1 Efeitos dos lipídeos sobre o ambiente ruminal e atividade microbiana | 26 |
| 1.3.2 Efeito da adição de lipídeos na dieta sobre a produção e composição do leite | 30 |
| 1.3.2.1 Alterações no teor de gordura do leite | 31 |
| 1.3.2.1.1 Alterações nos teores de ácido linoléico conjugado no leite | 32 |
| 1.3.2.2 Alterações no teor de proteína do leite | 34 |
| 1.4 Referências Bibliográficas | 34 |
| CAPITULO 2 - Consumo de matéria seca e nutrientes, degradabilidade “in situ”, digestibilidade aparente, comportamento ingestivo e taxa de passagem de vacas em lactação alimentadas com dietas contendo proporções crescentes de castanha de caju | 38 |
| 2.1 Introdução | 38 |
| 2.2 Material e Métodos | 39 |
| 2.3 Resultados e Discussão | 46 |
| 2.4 Conclusões | 59 |
| 2.5 Referências Bibliográficas | 59 |

| | |
|--|-----------|
| CAPITULO 3 - Parâmetros da fermentação ruminal e concentrações de derivados de purina na urina de vacas em lactação alimentadas com dietas contendo proporções crescentes de castanha de caju | 63 |
| 3.1 Introdução | 63 |
| 3.2 Material e Métodos | 64 |
| 3.3 Resultados e Discussão | 65 |
| 3.4 Conclusões | 79 |
| 3.5 Referências Bibliográficas | 79 |
| CAPITULO 4 – Produção e composição do leite de vacas em lactação alimentadas com dietas contendo proporções crescentes de castanha de caju | 81 |
| 4.1 Introdução | 81 |
| 4.2 Material e Métodos | 81 |
| 4.3 Resultados e Discussão | 83 |
| 4.4 Conclusões | 94 |
| 4.5 Referências Bibliográficas | 94 |

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1 - Revisão de Literatura

| | |
|--|----|
| Tabela 01. Composição bromatológica da castanha de caju tostada | 23 |
| Tabela 02. Perfil de ácidos graxos de cadeia longa da castanha de caju tostada | 23 |
| Tabela 03. Ácidos graxos de cadeia longa da castanha de caju, grão de soja integral, semente de girassol, caroço de algodão e amendoim | 24 |
| Tabela 04. Teores de aminoácidos da castanha de caju tostada, grão de soja integral, farelo de arroz integral, caroço de algodão e glúten de milho | 24 |

CAPITULO 2 - Consumo de matéria seca e nutrientes, degradabilidade “in situ”, digestibilidade aparente, comportamento ingestivo e taxa de passagem de vacas

em lactação alimentadas com dietas contendo proporções crescentes de castanha de caju

| | |
|---|----|
| Tabela 05. Composição bromatológica da silagem de milho, da castanha de caju e dos concentrados experimentais | 39 |
| Tabela 06. Composição centesimal e química das dietas experimentais com diferentes proporções de castanha de caju | 40 |
| Tabela 07. Perfil de ácidos graxos (%) e relação entre ácidos graxos insaturados e saturados da castanha de caju | 41 |
| Tabela 08. Consumo diário de matéria seca, matéria orgânica e nutrientes de vacas em lactação com diferentes proporções de castanha de caju na dieta | 47 |
| Tabela 09. Consumo diário de matéria seca, matéria orgânica e nutrientes digestíveis de vacas em lactação com diferentes proporções de castanha de caju na dieta | 49 |
| Tabela 10. Coeficientes de digestibilidade aparente (%) da matéria seca, matéria orgânica e nutrientes de vacas em lactação com diferentes proporções de castanha de caju na dieta | 49 |
| Tabela 11. Consumo de energia bruta (CEB), digestível (CED), metabolizável (CEM) e líquida pra lactação (CEL _l) e teores de ED e EM de vacas em lactação com diferentes proporções de castanha de caju na dieta | 50 |
| Tabela 12. Comportamento ingestivo de vacas em lactação com diferentes proporções de castanha de caju na dieta | 51 |
| Tabela 13. Equações de regressão e seus respectivos coeficientes de determinação (r^2) para o comportamento ingestivo de vacas em lactação com diferentes proporções de castanha de caju na dieta | 52 |
| Tabela 14. Taxas de passagem ruminal e intestinal da dieta e tempos de reciclagem e trânsito da fase líquida estimados pelo cobalto EDTA nas fezes de vacas leiteiras com diferentes proporções de castanha de caju na dieta | 53 |
| Tabela 15. Taxas de passagem ruminal e intestinal e tempos de retenção da fase sólida estimados pelo cromo mordante nas fezes de vacas leiteiras com diferentes proporções de castanha de caju na dieta | 54 |
| Tabela 16. Parâmetros de degradação ruminal da matéria seca (MS), matéria orgânica (MO) e proteína bruta (PB) da castanha de caju (CC), dos concentrados contendo diferentes proporções de castanha de caju e da silagem de milho (SM) | 55 |
| Tabela 17. Degradabilidades efetivas (% DE) da matéria seca (MS), matéria orgânica (MO) e proteína bruta (PB) da castanha de caju (CC), dos concentrados e da silagem de milho (SM) contendo diferentes proporções de castanha de caju simuladas em quatro taxas de passagem..... | 56 |

CAPITULO 3 - Parâmetros da fermentação ruminal e concentrações de derivados de purina na urina de vacas em lactação alimentadas com dietas contendo proporções crescentes de castanha de caju

| | |
|---|----|
| Tabela 18. Valores de pH do líquido ruminal de vacas em lactação com diferentes proporções de castanha de caju na dieta | 66 |
| Tabela 19. Concentração de nitrogênio amoniacal (N-NH ₃ , mg/100mL) no líquido ruminal de vacas em lactação com diferentes proporções de castanha de caju na dieta | 68 |
| Tabela 20. Concentrações de acetato, propionato e butirato (mmol/100mL) no líquido ruminal de vacas em lactação com diferentes proporções de castanha de caju na dieta | 71 |
| Tabela 21. Concentração total de ácidos graxos voláteis (mmol/100mL) e relação de acetato:propionato (Acet./Prop.) no líquido ruminal de vacas em lactação com diferentes proporções de castanha de caju na dieta | 74 |
| Tabela 22. Proporção molar de acetato, propionato e butirato no líquido ruminal de vacas em lactação com diferentes proporções de castanha de caju na dieta | 76 |
| Tabela 23. Concentrações de alantoína, ácido úrico e creatinina (g/L) e relação alantoína/creatinina de vacas em lactação com diferentes proporções de castanha de caju na dieta | 78 |

CAPITULO 4 – Produção e composição do leite de vacas em lactação alimentadas com dietas contendo proporções crescentes de castanha de caju

| | |
|--|----|
| Tabela 24. Produção diária e composição do leite de vacas em lactação com diferentes proporções de castanha de caju na dieta | 84 |
| Tabela 25. Perfil de ácidos graxos da gordura do leite de vacas em lactação com diferentes proporções de castanha de caju na dieta | 88 |
| Tabela 26. Equações de regressão e coeficientes de determinação (r ²) para a concentração de ácidos graxos componentes da gordura do leite de vacas em lactação com diferentes proporções de castanha de caju na dieta | 92 |
| Tabela 27. Eficiência alimentar com relação à matéria seca ingerida e com relação à matéria seca digestível de vacas em lactação com diferentes proporções de castanha de caju na dieta | 93 |

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1 - Revisão de Literatura

- Figura 01. Aproveitamento do caju e fluxograma do beneficiamento da castanha de caju 22
- Figura 02. Esquema da biohidrogenação do ácido α -linolênico: os grupos A e B se referem a duas classes de bactérias biohidrogenadoras 28
- Figura 03. Esquema da biohidrogenação do ácido linoléico: os grupos A e B se referem a duas classes de bactérias biohidrogenadoras 28
- Figura 04. Esquema da biohidrogenação do ácido γ -linolênico: *Butyrivibrio* utilizado no estudo consistiu no grupo A e *Fusocillus* consistiu no grupo B biohidrogenador 29

CAPITULO 2 - Consumo de matéria seca e nutrientes, degradabilidade “in situ”, digestibilidade aparente, comportamento ingestivo e taxa de passagem de vacas em lactação alimentadas com dietas contendo proporções crescentes de castanha de caju

- Figura 05. Degradabilidade potencial da matéria seca da castanha de caju e dos concentrados contendo diferentes proporções de castanha de caju 57
- Figura 06. Degradabilidade potencial da matéria orgânica da castanha de caju e dos concentrados contendo diferentes proporções de castanha de caju 58
- Figura 07. Degradabilidade potencial da proteína bruta da castanha de caju e dos concentrados contendo diferentes proporções de castanha de caju 58
- Figura 08. Degradabilidade potencial da matéria seca, matéria orgânica e proteína bruta da silagem de milho 59

CAPITULO 3 - Parâmetros da fermentação ruminal e concentrações de derivados de purina na urina de vacas em lactação alimentadas com dietas contendo proporções crescentes de castanha de caju

- Figura 09. Potencial hidrogeniônico em função do tempo de coleta após a alimentação de vacas em lactação com diferentes proporções de castanha de caju na dieta 67
- Figura 10. Concentração de nitrogênio amoniacal (N-NH₃) no líquido ruminal de vacas em lactação com diferentes proporções de castanha de caju na dieta 69
- Figura 11. Concentração de acetato (mmol/100mL) no líquido ruminal em função do tempo após a alimentação de vacas em lactação com diferentes proporções de castanha de caju na dieta 72
- Figura 12. Concentração de propionato (mmol/100mL) no líquido ruminal em função do tempo após a alimentação de vacas em lactação com diferentes proporções de castanha de caju na dieta 72

Figura 13. Concentração de butirato (mmol/100mL) no líquido ruminal em função do tempo após a alimentação de vacas em lactação com diferentes proporções de castanha de caju na dieta 73

Figura 14. Concentração de ácidos graxos voláteis totais (mmol/100mL) no líquido ruminal em função do tempo após a alimentação de vacas em lactação com diferentes proporções de castanha de caju na dieta 77

Figura 15. Relação acetato:propionato no líquido ruminal em função do tempo após a alimentação de vacas em lactação com diferentes proporções de castanha de caju na dieta 77

CAPITULO 4 – Produção e composição do leite de vacas em lactação alimentadas com dietas contendo proporções crescentes de castanha de caju

Figura 16. Ingestão de ácidos graxos e percentagem de gordura no leite de vacas em lactação com diferentes proporções de castanha de caju na dieta 87

Figura 17. Ingestão de ácidos graxos e percentagem de proteína no leite de vacas em lactação com diferentes proporções de castanha de caju na dieta 87

Figura 18. Concentrações de *Trans-10 cis-12C_{18:2}* e a percentagem de gordura no leite de vacas em lactação com diferentes proporções de castanha de caju na dieta 91

RESUMO

A inclusão de castanha de caju pode consistir em alternativa viável para alimentação de vacas leiteiras devido a sua composição química e baixo custo em relação ao milho e à soja, no entanto seu potencial ainda pouco é explorado. A pesquisa teve como finalidade avaliar o consumo, a dinâmica de fermentação ruminal, o comportamento ingestivo, a concentração dos derivados de purinas, a digestibilidade aparente, a taxa de passagem, a produção e a composição do leite de vacas em lactação alimentadas com dietas contendo proporções crescentes de castanha de caju. Determinou-se, ainda, a degradabilidade *in situ* da silagem de milho, da castanha de caju e dos concentrados. Os tratamentos consistiram em proporções crescentes de inclusão de 0, 8, 16 e 24% de castanha de caju (CC) na porção concentrada da dieta. A adição de CC à dieta não influenciou o consumo, a digestibilidade, o comportamento ingestivo, a fermentação ruminal, nem as concentrações de derivados de purinas, além de manter a produção de leite e a eficiência alimentar. O percentual de gordura no leite decresceu linearmente à medida que a CC foi adicionada ao concentrado. Provavelmente, devido ao perfil de ácidos graxos da CC, seu fornecimento resultou em gordura do leite com menores proporções de C_{16:0} e maiores de ácidos graxos de cadeia longa, os quais são considerados mais desejáveis para a saúde humana. A castanha de caju constitui alternativa potencial para inclusão na dieta de vacas leiteiras devido à elevada disponibilidade de proteína e gordura, além da produção de leite com maiores proporções de ácidos graxos saudáveis.

Palavras-chave: Ácido linoléico conjugado, Comportamento ingestivo, Composição do leite, Consumo de matéria seca, Degradabilidade, Derivado de purinas, Fermentação ruminal, Produção de leite, Subproduto

ABSTRACT

The inclusion of cashew nut consist of viable alternative for feeding lactating dairy cows due to its nutrient composition and low cost compared to corn and soybean. However its potential is still little explored. The objective of this research was to evaluate the intake, the dynamics of ruminal fermentation, the ingestive behavior, the concentration of purine derivatives, the apparent digestibility, the passage rate, the milk production and composition of cows fed with diets containing increasing levels of cashew nut. The “in situ” degradabilities of the corn silage, the cashew nut and the concentrate were evaluated. The treatments consisted of increasing levels (0, 8, 16 and 24%) of cashew nut (CC) in the concentrated portion of the diet. The addition of CC to the diet did not affect the intake, the digestibility, the ingestive behavior, the ruminal fermentation, nor the concentrations of purine derivatives. However, maintained the milk yield and the feed efficiency. The milk fat percentage decreased linearly with CC addition to the diet. Probably, due to the fatty acids profile of CC, the milk fatty acids profile was altered shaving smaller proportions of C_{16:0} and larger of long chain fatty acid. The cashew nut is a potential alternative for feeding lactating dairy cows due to the high protein availability and fat. Also, the production of milk with larger proportions of healthy fatty acids should be considered.

Keywords: *By-product, Conjugated linoleic acid, Degradability, Dry matter intake, Ingestive behavior, Milk composition, Milk production, Purine derivates, Ruminal fermentation*

INTRODUÇÃO GERAL

A pecuária leiteira é de fundamental importância para o setor agropecuário brasileiro, participando na formação da renda dos produtores e na absorção de mão-de-obra no meio rural, contribuindo, desse modo, de forma significativa para a fixação do homem no campo.

O Brasil é o sétimo maior produtor de leite do mundo. A produção nacional, em 2005, atingiu 23.320 mil toneladas, correspondendo a 4,4% da produção mundial (530.718mil t). No entanto, o País ocupa a 17ª colocação no que se refere à produtividade, alcançando 1.219litros/vaca/ano, o que corresponde a apenas 3,3litros/vaca/dia (Embrapa, 2006). Segundo o Diagnóstico da Pecuária Leiteira de Minas Gerais em 2005 (2006), nos últimos 10 anos, o Brasil apresentou a maior taxa anual de crescimento da produção em relação aos maiores produtores de leite do mundo. Sendo, a taxa brasileira 73% superior à americana, enquanto alguns países como Rússia, Alemanha e França apresentaram taxas negativas de crescimento. Relacionando a baixa produtividade do País com sua taxa anual de crescimento pode-se observar o grande potencial de crescimento da atividade leiteira no Brasil, o qual poderá ser viabilizado com a adoção de tecnologias já disponíveis aos produtores, destacando-se dentre elas, a alimentação racional dos rebanhos, sobretudo, com rações de custo mínimo.

No que se refere à participação das regiões na produção de leite nacional, o Sudeste e Sul foram responsáveis por 66% no ano de 2003, sendo a região Sudeste responsável por 40% do total do leite produzido no Brasil. Destaca-se em primeiro lugar o estado de Minas Gerais, que detém 30% do total da produção brasileira. Os estados do Norte e Nordeste, juntos, produzem menos

leite que a Região Sul. O Nordeste contribuiu com 11% do total produzido, contrastando com os 40% alcançados pela região Sudeste (Diagnóstico da Pecuária Leiteira de Minas Gerais em 2005, 2006). Esta diferença significativa pode estar relacionada às características dos processos produtivos, mercado, base de recursos, condições de manejo dos animais e ainda acesso à informação, sendo estes pontos peculiares a cada região (Brandão, 1999). Contudo, entre os anos de 2003 e 2004, a região Nordeste aumentou sua produção em 7,9% (Embrapa, 2006).

No Nordeste, Bahia, Pernambuco e Ceará são os maiores produtores de leite da região (842; 397 e 363 milhões de litros/ano, respectivamente, em 2004). Embora o Ceará tenha apresentado evolução da produção, em torno de 14%, entre os anos de 1991 e 2002 (Embrapa, 2004), ainda importa 300 mil litros/dia de estados como Alagoas, Pernambuco e Piauí. A seleção de animais com maior potencial para a produção de leite tem sido realizada por produtores com a finalidade de melhorar a eficiência da atividade, mas esta prática exige a utilização de alimentos de alto valor nutritivo, como o milho e a soja. A maior parte destes insumos é oriunda de outras regiões do país e apresenta variações de preço às vezes acima daquelas verificadas para os produtos lácteos. Este fato onera substancialmente a produção de leite na Região, sobretudo no período de estiagem, época em que se torna indispensável o uso de concentrado para manter o rebanho em produção.

A otimização do desempenho do rebanho leiteiro, independentemente da região onde se localize, está estreitamente relacionada com a redução dos custos de produção e estes, por sua vez, para alcançarem níveis desejáveis, dependem de, pelo menos, três

aspectos fundamentais como: compatibilidade do sistema de produção com a estrutura de comercialização do leite, seleção dos alimentos que devem compor a dieta dos animais e o potencial produtivo do animal que mais se ajuste às condições de alimentação e manejo, sem comprometer o desempenho produtivo, reprodutivo e econômico do rebanho.

Outro aspecto importante e que deve ser considerado em qualquer trabalho voltado para a atividade leiteira é o fato da produção de leite, sobretudo no Nordeste, ser talvez a atividade de maior abrangência social, além de sua importância econômica, pois é praticada vantajosamente por pequenos, médios e grandes produtores.

Na região Nordeste, o manejo alimentar adequado e a utilização de sistemas intensivos de exploração podem consistir em estratégias favoráveis para a melhoria do rebanho leiteiro, principalmente nas épocas secas, o que torna essencial a utilização de alimentos de bom valor nutritivo e baixo custo. Surge, assim, a necessidade de avaliação da viabilidade de inclusão de fontes alimentares alternativas e a quantificação das respostas dos animais, em termos econômicos e produtivos (Lousada Jr. et al., 2006). Ainda segundo estes autores, o desenvolvimento da fruticultura na região Nordeste, resultado da exploração de áreas mais extensas, irrigação e adoção

de novas tecnologias, tem favorecido a instalação de agroindústrias em toda a região. Dentre as atividades de fruticultura no Brasil, a cajucultura se destaca devido ao seu volume de produção, colocando o país em terceiro lugar na produção mundial de castanha de caju com 251.268 toneladas por ano (Cajucultura, 2007), sendo antecedido pelo Vietnã (827.000t) e pela Índia (460.000t).

Devido ao beneficiamento da amêndoa da castanha de caju ocorrer por via física, em torno de 5 a 10% do total beneficiado é danificado através da quebra e escurecimento, tornando-se impróprias ao consumo humano. Destas castanhas origina-se a alternativa viável para alimentação de vacas leiteiras. Seu custo em relação ao milho e à soja, ingredientes largamente utilizados na ração animal, é bastante vantajoso.

A importância desta pesquisa se justifica pela necessidade de aumento da produção leiteira a baixos custos e a ampliação de novas tecnologias de nutrição animal que possibilitem o desenvolvimento da atividade leiteira, regional, em bases mais econômicas. Desse modo, o presente trabalho objetivou avaliar o desempenho e a digestão de vacas em lactação alimentadas com dietas contendo proporções crescentes de castanha de caju.

CAPÍTULO 1 – Revisão de Literatura

1.1. Utilização de subprodutos agroindustriais na alimentação de ruminantes

Os ruminantes são bem adaptados para a utilização de alimentos não competitivos com os dos humanos e dos monogástricos. Contudo, a busca por maior produção por indivíduo, por meio da intensificação dos sistemas de exploração, torna necessária maior utilização de insumos alimentícios, principalmente durante os períodos críticos de produção de volumosos. Em maior escala, ao comparar-se o total de alimentos disponíveis com a quantidade necessária para a manutenção dos animais, observa-se a ocorrência de falta de concentrados, como também de volumosos (Lavezzo, 1995).

Os resíduos agroindustriais são provenientes do beneficiamento industrial e/ou do processamento secundário de produtos agrícolas, pecuários e florestais e seu acúmulo é proporcional ao crescimento do agronegócio (Ferreira, 2005). De acordo com Souza e Silva (2002), citados por Rodriguez e Guimarães Junior (2005), a América Latina produz mais de 500 mil toneladas de subprodutos e resíduos agroindustriais, sendo o Brasil responsável por mais da metade dessa produção.

A inclusão de subprodutos da agroindústria na dieta de ruminantes pode representar alternativa viável, contudo ainda pouco explorada. Sua utilização está na dependência de alguns fatores como disponibilidade, composição química, preço, custo de transporte, facilidade de armazenamento e presença de compostos tóxicos e/ou antinutricionais (Lima, 2005).

O aproveitamento racional de subprodutos na alimentação animal, além reduzir os custos e manter os níveis de produção, permite destinação mais apropriada e diminuir o risco de poluição ambiental através de seu acúmulo. Desta forma, o uso

de resíduos agroindustriais reflete-se sob as óticas nutricionais, econômicas e ambientais (Rodriguez e Guimarães Junior, 2005).

A fruticultura vem se destacando como importante setor do agronegócio na região Nordeste, devido, principalmente, à intensa ocupação de novas áreas e à adoção de tecnologias modernas, com destaque para a irrigação e uso de sementes e mudas selecionadas, além de outros insumos modernos (Lousada Jr. et al., 2006). Este processo de profissionalização da atividade, visando elevadas produções de frutos de qualidade, tem favorecido a instalação de maior número de agroindústrias em toda a região. Como consequência, há o aumento na produção de resíduos provenientes do processo de produção, não utilizáveis na alimentação humana, mas que são passíveis de serem introduzidos na alimentação animal. Além de que, podem consistir em importante recurso para a diminuição dos custos de produção (Neiva et al., 2005). A possibilidade de estes resíduos possuírem características de consumo e digestibilidade da matéria seca semelhantes a volumosos de boa qualidade, incentiva a sua avaliação na dieta dos animais.

Programas de utilização de subprodutos agroindustriais para ruminantes podem ser desenvolvidos com o objetivo de reduzir a dependência da atividade pecuária à importação de grãos utilizados em rações para os rebanhos. Animais mais produtivos são mais exigentes com relação a práticas de manejo e nutrição, portanto, são necessárias avaliações detalhadas para se determinar a eficiência dos sistemas de alimentação e o processo de adaptação dos animais.

1.2 Caracterização da castanha de caju

O cajueiro já existia no Brasil quando chegaram os primeiros colonizadores portugueses, responsáveis por difundir suas

sementes por seus domínios na África e Ásia. Por ser de grande rusticidade, o cajueiro consiste em excelente alternativa econômica para o longo período de estiagem anual característico da região Nordeste. A colheita ocorre na época de entressafra das outras lavouras, gerando assim, emprego e renda, credenciando-se como espécie capaz de gerar riquezas e fixação do homem no campo.

A cajucultura compreende dois estágios: o primeiro data da colonização, com plantio desorganizado sem trato cultural, principalmente ao longo do litoral, com exploração extrativista e o segundo estágio com início na década de sessenta, marcado pelo mercado favorável aos produtos da castanha de caju, como a amêndoa e o líquido da castanha de caju (LCC). Nesse período, ocorreu grande expansão da fronteira agrícola e as plantações iniciaram a ocupação de extensas áreas de forma sistematizada (Seagri, 2007). Atualmente, a cajucultura, no panorama da fruticultura brasileira, se destaca devido ao seu volume de produção, sendo a região Nordeste a principal produtora.

A cajucultura sempre explorou mais a castanha de caju, ostentando o Ceará o título de maior beneficiador de castanha do Brasil. A região Nordeste, produtora de aproximadamente 97% da produção brasileira, concentra sua produção nos Estados do Ceará (130.544t), Piauí (41.853t) e Rio Grande do Norte (48.062t) (Cajucultura, 2007).

A atividade da cajucultura no Estado do Ceará é grande geradora de empregos e

divisas, sendo que quase a totalidade da produção é voltada para o mercado externo. O Estado possui atualmente a maior planta de beneficiamento entre os estados produtores, caracterizado-se como maior exportador de castanha do Brasil. O Ceará obteve, entre os anos de 2001 e 2002, aumento de 36% na produção de castanha, contribuindo em torno de 54% para a produção nacional.

Com relação ao seu peso, o caju é composto por 90% de pedúnculo e 10% de castanha, o primeiro apresentando menor percentagem de industrialização. No Brasil, pequena proporção do total de fábricas que industrializam os produtos do caju aproveita integralmente o fruto, ou seja, o pedúnculo e a castanha. Algumas fazem do LCC, aproveitando o excedente de cascas de outras fábricas. Deste modo, a industrialização do caju visa, basicamente, o aproveitamento da amêndoa da castanha e, em menor escala, a extração do LCC, com grande possibilidade de aproveitamento do pedúnculo.

A castanha é constituída de três partes: casca, película e amêndoa. Seu peso pode variar desde dois até 30,0 gramas, sendo que a maioria apresenta peso médio de 7,0g. A partir da castanha podem-se obter, ainda, tintas, vernizes, isolantes, colas fenólicas, inseticidas, entre outros produtos (SBRT, 2007).

A Figura 01 apresenta as alternativas para aproveitamento do caju e o fluxograma do beneficiamento da castanha de caju.

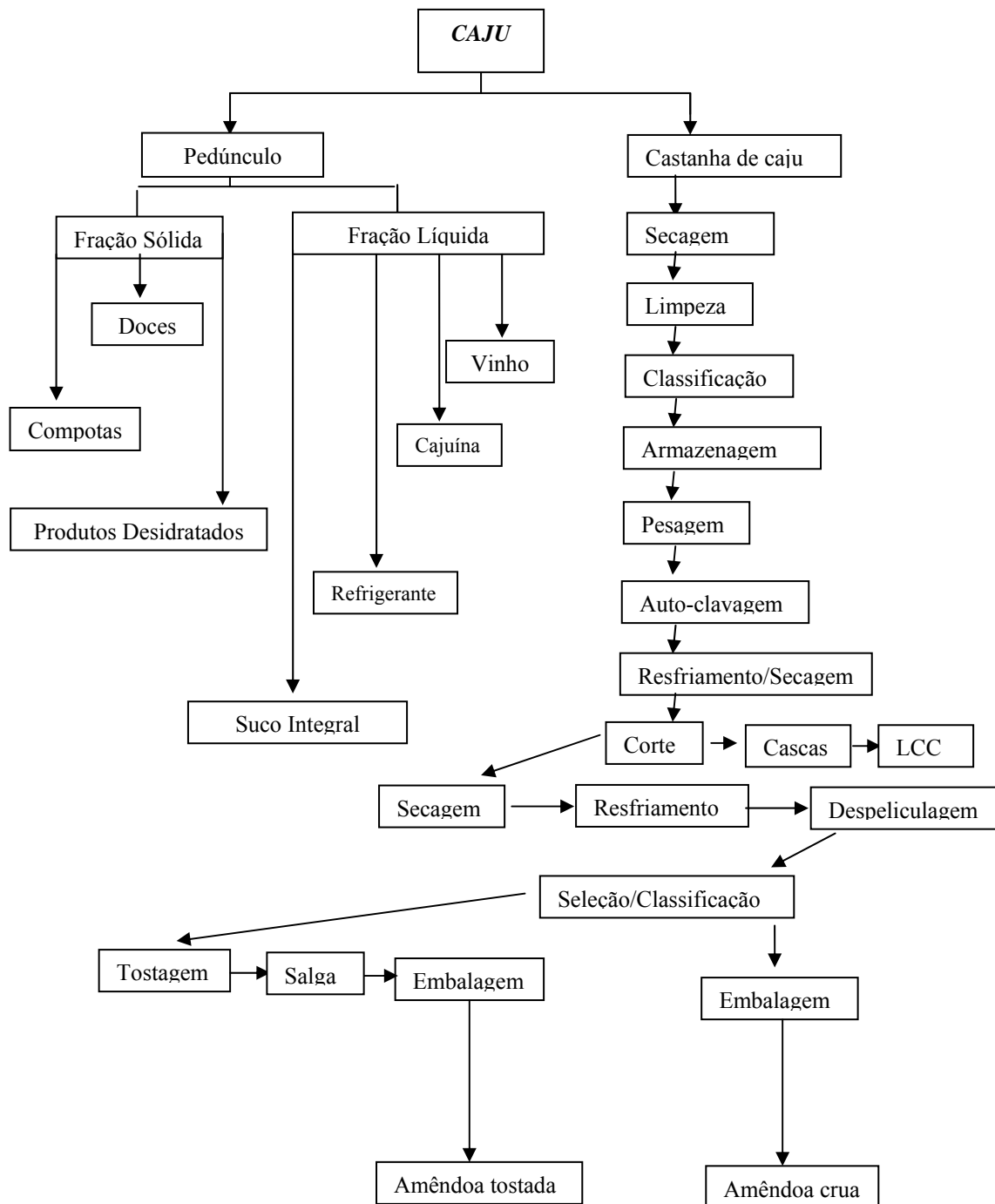


Figura 01. Aproveitamento do caju e o fluxograma do beneficiamento da castanha de caju.
 Fonte: Embrapa Agroindústria Tropical, 2007 e Souza Filho et al., 2007

O beneficiamento da amêndoa da castanha de caju ocorre por via física, no qual há quebra e escurecimento, que resulta em torno de 5 a 10% do total

beneficiado impróprio ao consumo humano, gerando o subproduto da castanha de caju. Este resíduo do beneficiamento da castanha de caju,

devido a sua composição química, pode constituir alternativa viável para alimentação animal. Outro aspecto vantajoso do uso deste alimento consiste em seu reduzido custo em relação ao milho e farelo de soja, ingredientes

largamente utilizados na atividade pecuária.

As Tabelas 01 e 02 apresentam a composição bromatológica e o perfil de ácidos graxos de cadeia longa da castanha de caju.

Tabela 01. Composição bromatológica da castanha de caju tostada

| Nutrientes (%MS) | Fonte | | | | |
|---------------------|-------------------|---------------------------------------|----------------|--------------------|----------------------------|
| | Andrade (1984) | Barbosa et al. ¹ (1989) | Melo (1997) | Pimentel (2002) | Rodrigues et al. (2003) |
| MS | - | 94,63 | 98,22 | 92,41 | 91,00 |
| PB | 20,56 | 21,57 | 21,76 | 27,58 | 22,10 |
| EE | 45,30 | 37,11 | 48,35 | 40,74 | 35,80 |
| FB | - | 4,25 | - | - | - |
| FDN | - | - | - | 17,06 | 18,80 |
| FDA | - | - | - | 6,05 | - |
| Cinzas | - | 3,60 | 2,43 | - | 6,90 |

¹Barbosa et al. (1989), citado por Lavezzo (1995).

Tabela 02. Perfil de ácidos graxos de cadeia longa da castanha de caju tostada

| Ácido graxo (% AG Total) | Fonte | | |
|-------------------------------|-------------------|-------------------|---------------------|
| | Barroso (1972) | Andrade (1984) | Men de Sá (1991) |
| Palmítico, C _{16:0} | 9,00 | 8,71 | 8,90 |
| Esteárico, C _{18:0} | 6,40 | 8,08 | 9,69 |
| Oléico, C _{18:1} | 65,30 | 64,68 | 61,81 |
| Linoléico, C _{18:2} | 16,40 | 16,09 | 19,60 |
| Linolênico, C _{18:3} | - | - | - |
| Total saturado | 18,30 | 17,21 | 18,59 |
| Total insaturado | 81,70 | 82,79 | 81,41 |

Nas Tabelas 03 e 04 são apresentadas comparações entre a castanha de caju e

alimentos energéticos e protéicos, no que se refere ao perfil de ácidos graxos e aminoácidos.

Tabela 03. Ácidos graxos de cadeia longa da castanha de caju, grão de soja integral, semente de girassol, caroço de algodão e amendoim

| Ácido graxo (% AG Total) | Alimentos | | | | |
|-------------------------------|-------------------------------|---------------------------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|
| | Castanha de caju ¹ | Grão de soja integral ² | Girassol ² | Algodão ² | Amendoim ² |
| Palmítico, C _{16:0} | 8,71 - 9,00 | 10,30 | 5,40 | 22,70 | 9,50 |
| Esteárico, C _{18:0} | 6,40 - 9,69 | 3,80 | 3,50 | 2,30 | 2,20 |
| Oléico, C _{18:1} | 61,81 - 65,30 | 22,80 | 45,30 | 17,00 | 44,80 |
| Linoléico, C _{18:2} | 16,09 - 19,60 | 51,00 | 39,80 | 51,50 | 32,00 |
| Linolênico, C _{18:3} | - | 6,80 | 0,20 | 0,20 | - |

¹Barroso (1972), Men de Sá (1991) e Andrade (1994).

²NRC (2001).

Tabela 04. Teores de aminoácidos da castanha de caju tostada, grão de soja integral, farelo de arroz integral, caroço de algodão e glúten de milho

| Aminoácidos (%MS) | Castanha de caju ¹ | Grão de soja integral ² | Farelo de arroz integral ² | Caroço de algodão ³ | Glúten de milho ² |
|-------------------|----------------------------------|---------------------------------------|--|-----------------------------------|---------------------------------|
| Ácido aspártico | 1,82-2,07 | 4,14 | 1,09 | 8,20 | 2,99 |
| Ácido glutâmico | 3,85-4,98 | 6,65 | 1,75 | 16,50 | 12,96 |
| Alanina | 0,86-0,92 | 1,91 | 0,61 | 3,60 | 4,33 |
| Arginina | 2,26-2,49 | 2,76 | 0,82 | 9,70 | 1,78 |
| Cistina | 0,43-0,45 | 0,51 | 0,22 | 1,10 | 0,98 |
| Fenilalanina | 0,99-1,14 | 1,94 | 0,54 | 4,90 | 3,29 |
| Glicina | 0,88-0,98 | 1,68 | 0,47 | 3,80 | 1,38 |
| Histidina | 0,51-0,53 | 1,17 | - | 2,60 | 1,14 |
| Isoleucina | 0,79-0,93 | 1,80 | 0,44 | 3,00 | 2,05 |
| Leucina | 1,60-1,62 | 2,88 | 0,75 | 5,60 | 8,44 |
| Lisina | 0,90-1,05 | 2,23 ⁴ | 0,51 | 4,40 | 1,01 |
| Metionina | 0,31-0,37 | 0,52 | 0,21 | 1,30 | 1,28 |
| Prolina | 0,76-0,86 | 1,78 | 0,49 | 4,00 | 4,23 |
| Serina | 1,03-1,12 | 1,78 | 0,39 | 4,10 | 2,81 |
| Tirosina | 0,61-0,78 | 1,39 | - | 2,70 | 3,10 |
| Treonina | 0,77-0,85 | 1,47 | 0,45 | 3,10 | 1,72 |
| Valina | 1,02-1,38 | 1,89 | 0,63 | 4,50 | 2,40 |
| Triptofano | 0,27-0,41 | 1,47 | 0,06 | 1,00 | 0,33 |

¹Andrade (1984), Barbosa et al. (1989, citado por Lavezzo 1995), Melo (1997).

²Valadares Filho et al. (2006)

³Bertrand et al. (2005)

⁴Rostagno (2005)

Devido à castanha de caju apresentar teor médio de 22,71% de proteína bruta, este alimento constitui fonte de proteína na elaboração da dieta animal e seu baixo custo em relação à soja, ingrediente predominante na formulação de rações, torna a substituição vantajosa.

Pesquisas conduzidas no semi-árido do Ceará, utilizando 0, 8, 16 e 24% de castanha de caju no concentrado para vacas em lactação demonstraram que embora tenha ocorrido redução no consumo de matéria seca, a produção de leite foi mantida, resultando em melhor eficiência alimentar (Pimentel, 2002). Neste trabalho, a adição de 24% de castanha de caju ao concentrado esteve associada à proporção

de 6,83% de extrato etéreo na dieta total e não alterou parâmetros fisiológicos como temperatura retal e do leite, frequências cardíaca e respiratória, parâmetros indicadores de estresse térmico. Conforme o autor, o milho foi o principal ingrediente substituído pelo CC (variação de 52,8% entre os tratamentos sem e com 24%), seguido pelo farelo de soja (variações de 21,7%), resultando em consumo de gordura 2,75 vezes maior dos animais suplementados com 24% de castanha de caju no concentrado relação àqueles submetidos à dieta sem castanha.

Sob as mesmas condições do semi-árido do Ceará, Brasil et al. (2003) conduziram estudo com o objetivo de avaliar os efeitos do fornecimento de gordura, através da inclusão de farelo de castanha de caju à dieta, sobre a atividade ovariana após o parto de vacas leiteiras em confinamento. Foi observado que o grupo de animais alimentado com castanha de caju apresentou diminuição no intervalo do parto à 1ª ovulação ($32,8 \pm 2,3$ vs. $48,0 \pm 5,2$ dias; $P < 0,05$), no período de detecção do folículo dominante ($15,0$ vs. 16 dias; $P < 0,05$), assim como menor número de ondas foliculares até a primeira ovulação pós-parto ($1,8 \pm 0,3$ vs. $2,3 \pm 0,3$ ondas; $P < 0,05$). Como as dietas avaliadas (com e sem inclusão de farelo de castanha de caju) foram isoprotéicas e isoenergéticas, as variações observadas em alguns aspectos da fisiologia reprodutiva dos animais podem ter associação direta ao perfil de ácidos graxos da castanha de caju.

1.3 Uso de lipídeos na alimentação de ruminantes

Os lipídeos embora sejam diferentes quimicamente entre si e exibam as mais diversas funções biológicas, constituem um grupo de compostos que apresentam a insolubilidade em água como característica

definidora e comum a todos (Lehninger et al., 1995).

Os triglicerídeos representam a forma mais abundante de lipídeos na natureza, sendo compostos por três ácidos graxos ligados a uma molécula de glicerol. O número de átomos de carbono em um ácido graxo pode variar de 5 a 20, sendo aqueles com 18 e 20 átomos de carbono (linoléico, linolênico e aracdônico), essenciais, não podendo ser sintetizados pelo organismo devendo ser fornecidos através da dieta. Quando um ácido graxo aceita átomos de hidrogênio em sua estrutura ele é dito insaturado, tendendo para a forma líquida em temperatura ambiente, sendo caracterizado como óleo. Já os saturados não são capazes de receber hidrogênio, apresentando consistência sólida à temperatura ambiente e são classificados como gordura (Nunes, 1998).

As plantas geralmente contêm lipídeos mais insaturados (óleos) que os animais. Pelo fato das plantas apresentarem baixo teor (1-4%) deste componente, normalmente a dieta dos ruminantes fornece pouca quantidade de lipídeos. Os óleos e gorduras são as fontes de energia mais concentradas na natureza, contendo 2,25 vezes mais energia que os carboidratos. Contudo, para os microrganismos do rúmen não são utilizados como fonte de energia, além disso, o contato direto da gordura com a microflora ruminal pode ter efeitos negativos. O excesso de gordura na dieta (mais de 8% da matéria seca) pode causar diminuição na ingestão de matéria seca, nas concentrações de gordura e proteína no leite e ainda alguns distúrbios metabólicos. Os microrganismos do rúmen modificam ampla e rapidamente as estruturas dos ácidos graxos insaturados, através da saturação com átomos de hidrogênio durante sua permanência neste compartimento, e normalmente, apenas uma pequena quantidade escapa ilesa (Van Soest, 1994).

A hidrólise das ligações ésteres dos lipídeos dietéticos pelas enzimas lipolíticas microbianas consiste no passo inicial na sua transformação (Harfoot e Hazlewood, 1997), podendo originar ácidos graxos e glicerol ou ácidos graxos e galactose, se galactoglicerídeos são hidrolisados (Chilliard, 1993). De acordo com Church (1988), as gorduras dos animais são menos hidrolisadas do que os óleos de origem vegetal.

1.3.1 Efeitos dos lipídeos sobre o ambiente ruminal e atividade microbiana

Os microrganismos hidrogenam rapidamente os ácidos graxos insaturados provenientes da hidrólise dos lipídeos da dieta, tendo pequena permanência nesta forma no conteúdo ruminal, apresentando como resultado produtos saturados (Jenkins, 1993). A ocorrência da saturação através da hidrogenação de suas ligações duplas denomina-se *biohidrogenação*. Este complexo processo tem como objetivo proteger a microflora ruminal das propriedades tóxicas dos ácidos graxos insaturados, e ainda pode ser importante para a retirada de hidrogênio do meio (Church, 1988).

Hidrólise dos lipídeos da dieta

O passo inicial na transformação dos lipídeos da dieta ao alcançarem o rúmen é a hidrólise das ligações ésteres pelas enzimas lipolíticas dos microrganismos. Essa ação é pré-requisito para a biohidrogenação dos ácidos graxos insaturados.

As bactérias do rúmen são as principais responsáveis pela hidrólise dos lipídeos consumidos pelos ruminantes, poucos são os indícios da participação de fungos e protozoários do rúmen. A bactéria *Anaerovibrio lipolytica* produz as enzimas esterase e lipase, sendo a última totalmente extracelular e associada à superfície celular ou a estruturas membranosas extracelulares.

A lipase hidrolisa completamente os acilgliceróis em ácidos graxos livres e glicerol, apresentando pequeno acúmulo de mono e diglicerídeos. O glicerol é rapidamente fermentado, produzindo ácido propiônico como principal produto final. As bactérias *Butiryvibrio fibrisolvens* também são capazes de hidrolisar ácidos graxos esterificados. Os ácidos graxos livres também podem ser provenientes dos galactolipídeos e fosfolipídeos produzidos pelos microrganismos ruminais pela ação de galactosidases e fosfolipases (Jenkins, 1993).

Biohidrogenação no rúmen

Papel dos microrganismos

A partir da observação que o tecido adiposo dos ruminantes era mais saturado que o dos não-ruminantes, se cogitava a possibilidade da biohidrogenação dos lipídeos da forragem ocorresse neste local. No entanto, atualmente se sabe que a hidrogenação ocorre no rúmen e somente em menor extensão em outras regiões do trato intestinal (Harfoot e Hazlewood, 1997).

A biohidrogenação é um processo com várias etapas, o que torna bastante improvável que apenas uma espécie de bactéria seja capaz de saturar completamente um ácido graxo insaturado. Tanto bactérias, quanto protozoários, são responsáveis pela biohidrogenação, de forma que o efeito da defaunação é refletido no aumento de ácidos graxos insaturados no sangue, no leite e no tecido adiposo (Church, 1988). Contudo alguns trabalhos que avaliaram o efeito da defaunação sobre a biohidrogenação, concluíram que os protozoários não eram necessários (Harfoot e Hazlewood, 1997). Outros afirmam que a pequena contribuição dos protozoários é devido à atividade de ingestão das bactérias.

Papel das partículas alimentares

O papel das partículas alimentares na biohidrogenação ainda é incerto. No entanto, alguns estudos têm demonstrado que este processo ocorre em maior velocidade e complexidade na presença de partículas alimentares do que na sua ausência. Observou-se que 80% da hidrogenação do ácido linoléico ocorria em associação com finas partículas de alimento (Harfoot e Hazlewood, 1997).

Legay-Carmier et al. (1989), citados por Harfoot e Hazlewood, (1997) fracionando a bactéria ruminal em bactéria aderente à superfície alimentar (SAB) e associada à fração líquida (LAB), observaram que ao se fornecer óleo de soja a vacas leiteiras, 70% do conteúdo ruminal apresentou SAB, mas somente 7% LAB. Os 23% restantes consistiram de bactérias fracamente aderidas ou possivelmente transferidas de SAB para LAB através de vigorosos movimentos das frações das partículas. O total de ácidos graxos contidos em SAB foi duas vezes maior que em LAB (Bauchart et al., 1990, citados por Harfoot e Hazlewood, 1997), o que possivelmente se deve à incorporação preferencial em SAB dos ácidos graxos adsorvidos às partículas dos alimentos.

Espécies de bactérias responsáveis pela biohidrogenação

Por muito tempo pensava-se que apenas as bactérias *Butyrivibrio fibrisolvens* seriam capazes de promover a biohidrogenação. Mais recentemente, com o isolamento de maior número de espécies, foram observadas as diferentes habilidades das bactérias na biohidrogenação de ácidos graxos, tanto em culturas puras, quanto em culturas mistas. Contudo, o número total de bactérias descritas ainda é bastante pequeno devido à dificuldade no isolamento de bactérias aptas ao processo e falta de um método adequado para se enumerarem

seletivamente as bactérias biohidrogenadoras (Harfoot e Hazlewood, 1997).

Substratos para a biohidrogenação

O ácido linolênico (*cis-9,cis-12,cis-15*-ácido octadecatrienóico) é o principal ácido graxo insaturado presente no rúmen de animais em pasto, aparecendo constantemente em glicolipídeos e em menor extensão em fosfolipídeos. No caso do fornecimento de suplementos à dieta de ruminantes, apreciáveis quantidades de ácido linoléico (*cis-9,cis-12*-ácido octadecadienóico) alcançam o rúmen, basicamente como triglicerídeos. A presença da forma não esterificada (grupo carboxila livre) é requerida para que se proceda a hidrogenação dos ácidos graxos insaturados (Kepler et al., 1970 e Hazlewood et al., 1976, citados por Harfoot e Hazlewood, 1997).

- Rotas metabólicas e bactérias envolvidas -

A incubação dos ácidos linolênico ou linoléico com o conteúdo ruminal "*in vivo*" e "*in vitro*" ou com culturas puras de bactérias biohidrogenadoras produz uma variedade de ácidos graxos em diferentes proporções. Atualmente são considerados os seguintes esquemas de biohidrogenação dos ácidos α -linolênico e linoléico (Figuras 02 e 03, respectivamente):

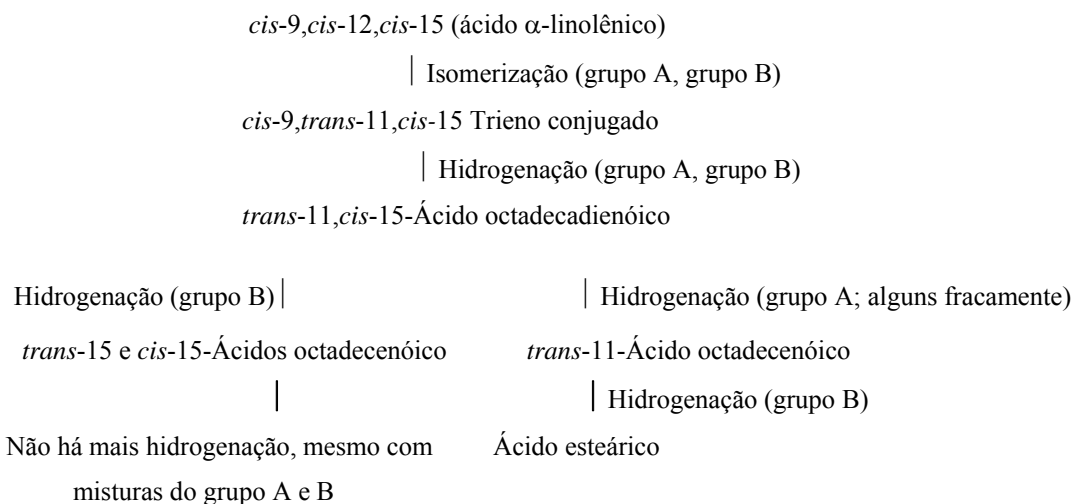


Figura 02. Esquema da biohidrogenação do ácido α -linolênico: os grupos A e B se referem a duas classes de bactérias biohidrogenadoras.

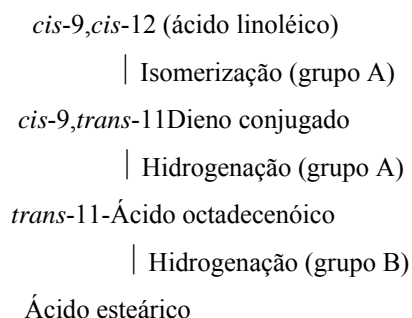


Figura 03. Esquema da biohidrogenação do ácido linoléico: os grupos A e B se referem a duas classes de bactérias biohidrogenadoras.

Ambas as rotas envolvem um passo inicial de isomerização, resultando na formação de um ácido conjugado *cis-9,trans-11* o qual sofre hidrogenação da sua ligação dupla *cis* formando o ácido *trans-11*-octadecenóico (*trans*-ácido vaccênico, 11-ácido elaidico) como penúltimo produto, sendo este finalmente hidrogenado a ácido esteárico. As bactérias isoladas parecem pertencer a duas populações distintas, grupos A e B. Os membros do grupo A normalmente

hidrogenam os ácidos linoléico e α -linolênico a *trans-11*-ácido octadecenóico, embora alguns isoladamente produzam ácido *trans-11,cis-15*-octadecadienóico a partir de ácido α -linolênico. Pertencem a este grupo *Butyrivibrio fibrisolvens*. Os componentes do grupo B possuem capacidade de hidrogenar ampla quantidade de ácidos octadecenóicos, incluindo *cis-9* (oléico) e ácidos *trans-11* (*trans*-vaccênico),

assim como, ácido linoléico a ácido esteárico. São componentes deste grupo duas espécies de *Fusocillus* (Harfoot e Hazlewood, 1997).

Conforme mencionado acima, fica claro que a completa biohidrogenação dos ácidos α -linolênico e linoléico a ácido esteárico só pode ocorrer na presença de ambos os grupos A e B. É importante destacar que, uma vez formados os ácidos monoenóicos *trans*-15 e *cis*-15 não ocorre hidrogenação adicional por nenhum dos grupos. As razões para a ocorrência desta hidrogenação incompleta não estão bem esclarecidas.

Biohidrogenação do ácido γ -linolênico

O ácido α -linolênico descrito anteriormente, é o principal ácido graxo presente nas gramíneas. Outro isômero do ácido linolênico, o ácido γ -linolênico (*cis*-6,*cis*-9,*cis*-12-octadecatrienóico) ocorre em pequenas proporções nos lipídeos de animais

e plantas superiores, mas é frequentemente observado em fungos, algas e certas sementes de oleaginosas. Ao estudar a biohidrogenação *in vitro* do ácido γ -linolênico, por *Butyrivibrio* (biohidrogenador grupo A) e *Fusocillus babrahamensis* (biohidrogenador grupo B), Kemp e Lander (1983), citados por Harfoot e Hazlewood, (1997), observaram que os últimos estavam hábeis a hidrogenar este ácido completamente a ácido esteárico, enquanto os primeiros somente chegavam a *cis*-6,*trans*-11-Ácido octadecadienóico (Figura 04).

A principal diferença entre a hidrogenação dos ácidos α -linolênico e γ -linolênico é que o primeiro necessita dos dois grupos de bactérias para sua completa biohidrogenação, enquanto o segundo pode ser completamente hidrogenado somente pelos microrganismos pertencentes ao grupo B (*Fusocillus*, Harfoot e Hazlewood, 1997).

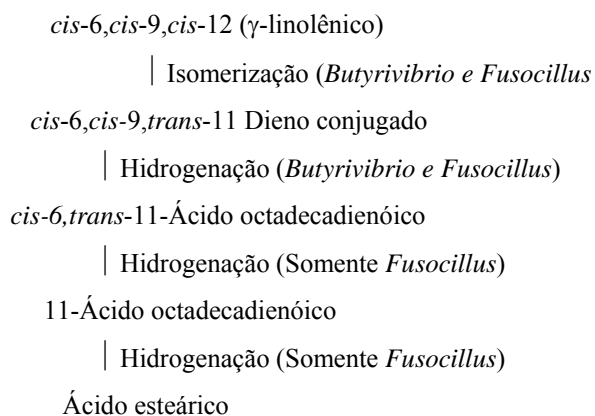


Figura 04. Esquema da biohidrogenação do ácido γ -linolênico: *Butyrivibrio* utilizado no estudo consistiu no grupo A e *Fusocillus* consistiu no grupo B biohidrogenador.

Papel da biohidrogenação

O propósito da biohidrogenação dos ácidos graxos insaturados ainda não está bem

esclarecido, entretanto alguns pontos merecem ser destacados.

O grupo A hidrogenador *Butyrivibrio* prontamente incorpora *trans*-11-

octadecenóico, produzido a partir dos ácidos linolênico e linoléico, em uma gama de membranas lipídicas.

A principal função da biohidrogenação seria a interferência no poder redutor, essencial para as bactérias. Do ponto de vista da economia global do rúmen, isto parece improvável, já que um mecanismo muito mais importante existe via metanogênese. Embora os ácidos graxos insaturados sejam conhecidos por inibir a metanogênese no rúmen, estes estão presentes em concentração milimolar, a qual está distante das concentrações dos principais competidores pelo hidrogênio (Church, 1988 e Harfoot e Hazlewood, 1997).

Outra alternativa para o papel da biohidrogenação no rúmen seria a desintoxicação dos ácidos graxos insaturados, já que alguns destes são tóxicos a vários microrganismos, incluindo os do rúmen.

Fatores que influenciam a biohidrogenação

A concentração de ácidos graxos afeta a extensão com que ocorre a hidrogenação. A natureza do substrato fornecido como ácido livre, triglicérido, amido, éster ou sais de cálcio insolúveis interfere no processo de biohidrogenação (Harfoot e Hazlewood, 1997). Como a presença de um grupo carboxila livre é pré-requisito para a biohidrogenação, ésteres, sais ou outras modificações dos ácidos graxos insaturados devem ser hidrolizados ou ionizados antes que se inicie a hidrogenação. A natureza do estudo deve ser levada em consideração, pois com lipídeos, estudos *in vivo* nem sempre reproduzem os mesmos efeitos do *in vitro*.

Foi constatado que os principais efeitos inibitórios dos ácidos graxos ocorriam quando a quantidade presente destes eram superiores à capacidade de absorção das células das bactérias. As bactérias do rúmen

absorvem rapidamente ácidos graxos e diferentes tipos de partículas competem por sua captação. Está claro que maior número de pesquisas devem ser realizadas para avaliação do comportamento físico entre bactérias, partículas alimentares e lipídeos no rúmen e o efeito sobre o metabolismo (Harfoot e Hazlewood, 1997).

O fornecimento de lipídeos na dieta de vacas leiteiras é uma alternativa que permite aumentar a densidade energética da ração e favorecer a relação volumoso:concentrado, reduzindo, desta forma, o risco de acidose (Allen, 2000), permitindo melhor desempenho produtivo e reprodutivo (Grummer et al., 1993). A transferência direta dos ácidos graxos da dieta para a síntese de leite altera o perfil dos ácidos graxos do leite, o que pode ser desejável (Chalupa et al., 1984).

1.3.2 Efeito da adição de lipídeos na dieta sobre a produção e composição do leite

Na atividade leiteira, a nutrição pode representar até 70% dos custos de produção, já que é responsável direta pelos níveis de produção dos animais. Desta forma, a eficiência do sistema de produção refletirá o êxito da nutrição do rebanho. A evolução da tecnologia de análise do leite vem permitindo, a preços satisfatórios, que a composição do leite se apresente como uma ferramenta bastante útil, rápida e confiável no monitoramento nutricional dos rebanhos leiteiros, devido à elevada correlação apresentada entre estes dois parâmetros (Knorr, 2002).

A adição de lipídeos em proporções de 5 a 7% da matéria seca da dieta é prática comum na nutrição de vacas de alta produção com o objetivo de aumentar a densidade energética e otimizar a relação amido:fibra das dietas. Esta prática pode resultar em incremento na produção de leite, contudo pode apresentar resultados

negativos sobre os teores de gordura e proteína do leite, destacadamente quando são incorporados ácidos graxos insaturados. As mudanças nos teores de gordura do leite são bastante específicas, pois produções de gordura podem ser reduzidas em 50% ou mais sem que haja mudança significativa sobre outros componentes ou mesmo produção de leite (Bauman et al., 2006).

A queda no teor de gordura pode servir como alerta para possíveis disfunções ruminais, principalmente quando são utilizadas altas relações concentrado:volumoso, seja pela alta demanda de nutrientes ou pela necessidade de compensar forragem de baixa qualidade, ou ainda elevado teor de ácidos graxos livres na dieta. O fornecimento de grãos de oleaginosas inteiros pode reduzir o impacto negativo dos ácidos graxos sobre o metabolismo microbiano no rúmen (Grummer, 1991), assim como, gorduras protegidas sob a forma de sabões de cálcio são inertes ao rúmen gerando menor efeito depressor nos níveis de gordura do leite (Jenkins, 1993).

Os efeitos do fornecimento de lipídeo sobre o consumo de matéria seca, produção e teores de gordura e proteína do leite podem ser variados, podendo ser resultado de um amplo número de fatores, como fonte e forma de apresentação, estágio de lactação e consumo de matéria seca (Chilliard, 1993).

Mosley et al. (2007) utilizando óleo de dendê (86,6% de ácido palmítico, C_{16:0}) em níveis crescentes na dieta de vacas em lactação na tentativa de evitar os efeitos negativos dos ácidos graxos insaturados sobre a fermentação ruminal, observaram que o aumento no fornecimento de lipídeos de 3,1 para 7,2% decresceu o consumo de matéria seca. A produção de leite, bem como o teor de gordura e as produções de gordura e proteína do leite aumentaram quando ocorreu a suplementação com óleo de dendê, mas sem diferença estatística entre os níveis de inclusão.

1.3.2.1 Alterações no teor de gordura do leite

A gordura é o principal componente energético do leite, sendo responsável pela maior parte das características físicas, de manufatura e qualidade organoléptica do leite e seus derivados (Bauman et al., 2006). O valor econômico da gordura do leite tem aumentado o interesse de produtores e direcionado as pesquisas no sentido do entendimento de sua biossíntese e dos fatores que influenciam quantitativamente sua produção e seu perfil de ácidos graxos (Bauman e Griinari, 2003). Atualmente, os consumidores estão mais preocupados com relação à concentração de ácidos graxos saturados, devido a sua associação com o colesterol. Este fato é de grande importância no que se refere à composição de gordura nos produtos lácteos. O aumento de ácidos graxos insaturados concomitantemente à redução dos saturados é favorável à redução do colesterol sanguíneo no homem, causando impacto positivo na nutrição humana, mais especificamente na prevenção de doenças crônico-degenerativas, inclusive melhorando a imagem dos produtos lácteos junto aos consumidores (Santos et al., 2001).

A composição dos lipídeos da dieta é refletida no perfil da gordura do leite na maioria das espécies, contudo para os ruminantes os lipídeos dietéticos são amplamente modificados pelos microrganismos do rúmen, principalmente, no que se refere aos ácidos graxos poliinsaturados, apresentando efeitos sobre o conteúdo e composição dos ácidos graxos do leite. Os ácidos graxos (AG) do leite podem ser originários da circulação sanguínea ou da síntese “de novo” nas células epiteliais da glândula mamária. Ácidos graxos de cadeia curta (de 4 a 8 carbonos) e os de cadeia média (de 10 a 14 carbonos) são produzidos quase que exclusivamente na síntese “de novo”. Os ácidos graxos de cadeia longa (acima de 16 carbonos) derivam da captura

dos lipídeos circulantes na corrente sanguínea e aqueles com comprimento de cadeia de 16 carbonos podem ser originários de ambas as fontes (Bauman e Griinari, 2003).

Aproximadamente, metade dos AG presentes no leite é oriunda da síntese “de novo”, a partir do acetato, o qual constitui a principal fonte de carbono. Também o β -hidroxibutirato, produzido pela transformação do butirato no epitélio ruminal é responsável por parte dos quatro primeiros carbonos que irão compor a cadeia destes ácidos graxos. Os AG pré-formados, que são capturados pela glândula mamária e diretamente incorporados à gordura do leite, derivam das lipoproteínas circulantes e dos ácidos graxos não-esterificados originários da absorção de lipídeos do trato digestivo e da mobilização das reservas corporais (Bauman e Griinari, 2003).

Os três principais fatores que influenciam a transferência direta da quantidade da gordura da dieta para a gordura do leite são a biohidrogenação ruminal, a digestibilidade intestinal e sua deposição no tecido adiposo (Palmquist et al., 1993).

Várias teorias têm sido propostas para explicar o decréscimo no teor de gordura do leite, entre elas se destacam três principais. A primeira se refere a alterações na fermentação ruminal resultando em produções inadequadas de acetato e butirato (Bauman e Griinari, 2003). A diminuição na relação acetato:propionato pode ser causada por fornecimento de dieta com baixo teor de fibra ou pela redução da digestibilidade da fibra com a inclusão de ácidos graxos de cadeia longa, já que estes são tóxicos à microbiota ruminal, principalmente às bactérias celulolíticas.

O aumento na produção de propionato leva à segunda teoria a qual está embasada no aumento nas taxas hepáticas de gliconeogênese causando aumento na insulina circulante e assim, fazendo com que

o tecido adiposo entre em competição com a glândula mamária por precursores lipogênicos, efetivamente reduzindo a disponibilidade de acetato para a glândula mamária. A elevação na concentração de insulina promove também a apreensão e esterificação de maiores quantidades de ácidos graxos de cadeia longa (AGCL), além de diminuir a mobilização dos AGCL do tecido adiposo para a síntese de gordura do leite (Palmquist e Jenkins, 1980).

Finalmente, a terceira, com maior suporte na última década, sugere que a produção de gordura do leite é inibida por ácidos graxos produzidos como resultado da biohidrogenação incompleta de ácidos graxos de cadeia longa da dieta no rúmen, os quais são potenciais inibidores da síntese de gordura (Bauman e Griinari, 2003). Dietas pobres em fibra e ricas em ácidos graxos insaturados aumentam o teor de $C_{18:1}$ *Trans*, o que reflete redução nas etapas finais de biohidrogenação ruminal, observada pela diminuição das concentrações de ácido esteárico e menores valores de pH ruminal. Segundo Reis et al. (2005), suplementos contendo ácidos graxos de 16 e 18 carbonos podem inibir a lipogênese e a atividade da enzima $\Delta 9$ -desaturase. Pesquisas recentes confirmam esta hipótese provando que os aumentos dos teores de ácido linoléico conjugado (CLA, *Trans-10, cis-12C_{18:2}*) no leite, por meio da infusão abomasal, reduziram a síntese na glândula mamária de ácidos graxos de cadeia curta e média ($C_{4:0}$ a $C_{14:0}$), além do ácido palmítico ($C_{16:0}$). Deduziu-se então, que a diminuição do teor de gordura do leite estaria associada com a redução da síntese “de novo” de ácidos graxos (Knorr, 2002).

1.3.2.1.1 Alterações nos teores de ácido linoléico conjugado no leite

Atualmente, consumidores conscientes da importância de uma dieta mais equilibrada estão demandando leite com maiores proporções de ácidos graxos saudáveis e a

manipulação da dieta de vacas leiteiras pode consistir em alternativa para alteração do perfil de ácidos graxos da gordura do leite (Bu et al., 2007).

O ácido linoléico conjugado (CLA) se refere ao grupo de isômeros posicionais e geométricos do ácido octadecenóico, com ligações duplas conjugadas, de ocorrência natural na composição dos ácidos graxos dos alimentos derivados dos ruminantes (Elgersma et al., 2004). A presença de CLA na dieta tem recebido considerável atenção devido a suas propriedades anticarcinogênica, antiteratogênica, como modelador imunológico e promotor do crescimento. Recentemente, tem sido demonstrado que o *Trans-10, cis-12C_{18:2}* seria o responsável pela redução da lipogênese na carcaça de roedores. Em contraste, o *Cis-9, trans-11C_{18:2}* (ácido rumênico), derivado da gordura do leite, tem demonstrado prevenir o crescimento de células cancerígenas mamárias em humanos mais efetivamente que o *Trans-10, cis-12C_{18:2}* sintético. As respostas metabólicas em relação a esses dois ácidos graxos parecem diferir, mas estes dois isômeros apresentam implicações na saúde humana (Loor e Herbein, 2003).

São conhecidos dois caminhos para a produção de CLA na vaca leiteira. Primeiramente, estes ácidos graxos podem surgir como intermediários da biohidrogenação incompleta de ácidos graxos insaturados de cadeia longa fornecidos através da dieta, pela ação de microrganismos anaeróbicos presentes no rúmen. Esta reação é catalisada pela enzima ácido linoléico isomerase, produzida pela bactéria ruminal *Butiryvibrio fibrisolvens*. Deste modo, os fatores que determinam a quantidade de CLA disponível para absorção pelo trato gastrointestinal são o consumo dietético de $C_{18:2}$ e $C_{18:3}$ e as condições ruminais que possam influenciar o crescimento e a atividade da bactéria *Butiryvibrio fibrisolvens*. O segundo

caminho para a produção de CLA seria a sua formação no metabolismo intermediário pela dessaturação de ácidos graxos monoinsaturados, através da síntese endógena na glândula mamária a partir do ácido trans-vaccenico devido à atividade da Δ -9-dessaturase (Elgersma et al., 2004).

Vários estudos têm apontado a ação do CLA como depressor do teor de gordura do leite de vacas em lactação, sendo o *Trans-10, cis-12C_{18:2}* o isômero responsável por este efeito. O conhecimento deste fato possibilita a utilização do CLA como ferramenta para se manipular a síntese de gordura no leite quando a energia requerida para sua síntese pode ser utilizada para a produção adicional de leite ou de seus componentes alternativos, ou ainda, para disponibilizar energia para os demais estados fisiológicos, como a reprodução.

Harvatine e Allen (2006a), avaliando a substituição gradual de ácidos graxos saturados por insaturados na dieta, constataram que a inclusão de ácidos graxos insaturados reduziu a percentagem e a produção de gordura no leite e promoveram aumento linear do *Trans-10, cis-12C_{18:2}*. Os autores concluíram que a depressão na gordura do leite, induzida pelo aumento do fluxo duodenal de *Trans-10, cis-12C_{18:2}*, é mediado através do decréscimo na expressão gênica de enzimas lipogênicas, levando à diminuição dos ácidos graxos produzidos na glândula mamária. As mudanças observadas no perfil dos ácidos graxos do leite, nesta pesquisa, são consistentes com o decréscimo na síntese de ácidos graxos, demonstrando queda na concentração de ácidos graxos de cadeia curta e média.

O aumento no teor de lipídeos insaturados de 2,7 para 5,3% nas dietas com soja extrusada avaliadas por Oliveira (2005) reduziu em 25% a concentração de ácidos graxos de cadeia curta ($C_{4:0}$ a $C_{12:0}$) no leite. Esta redução foi acompanhada pelo aumento da concentração de *Trans-10, cis-12C_{18:2}*.

demonstrando efeito depressor deste sobre a síntese “de novo” dos ácidos graxos de cadeia curta. Com relação aos ácidos graxos de cadeia média, este autor observou que o aumento no fornecimento de ácidos graxos na dieta diminuiu a concentração de C14, C15 e C16, mas não influenciou os C13 e C17. Aumentos de 29% no teor de *Cis-9, trans-11C_{18:2}* foram obtidos com a inclusão de lipídeos na dieta.

1.3.2.2 Alterações no teor de proteína do leite

A influência direta do teor e composição da proteína sobre o rendimento industrial do leite faz com que este componente apresente grande interesse por parte dos nutricionistas. Segundo Reis et al. (2005), uma redução da proteína de 3,55 para 2,90% torna necessária a utilização adicional de 1.580 litros para a produção de uma tonelada de queijo cheddar.

Para ruminantes, devido à fermentação ruminal, torna-se difícil manipular as quantidades de aminoácidos que chegam ao intestino para serem absorvidos. Aproximadamente, 75% da proteína metabolizada pelo animal é de origem microbiana, e esta proteína possui perfil aminoacídico muito semelhante ao requerido pela glândula mamária para síntese do leite. Proporcionando-se maior produção de proteína microbiana atende-se maior produção de leite com teor de proteína adequado (Knorr, 2002).

Normalmente, a inclusão de gordura na dieta promove substituição nas fontes de energia através da diminuição da quantidade de carboidratos na dieta. Os microrganismos do rúmen não conseguem utilizar os lipídeos como fonte de energia, conseqüentemente menor síntese de proteína microbiana é realizada, reduzindo o aporte de aminoácidos para a glândula mamária (Knorr, 2002). A adição de gordura à dieta pode reduzir a percentagem de proteína no

leite em 0,1 a 0,3% (De Peters e Cant, 1992). Contudo, Harvatine e Allen (2006a) não encontraram modificações na concentração e na produção da proteína do leite de vacas suplementadas com substituições lineares de ácidos graxos saturados por parcialmente insaturados. Resultado semelhante foi encontrado por Oliveira (2005), utilizando dietas com aproximadamente 5,0% de lipídeos na matéria seca.

1.4 Referências Bibliográficas

- ALLEN, S.M. Effects of diet on short-term regulation of diet intake by lactating dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, v. 83, n. 7, p. 1598-1624, 2000.
- ANDRADE, J.S. *Aspectos da industrialização da castanha de caju (Anacardium occidentale, L.)*. 1984. 151f. Dissertação (Curso de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Ce.
- BARROSO, M.A.T. *Fatty acids of cashew nut lipids*. 1972. 29 f. Thesis (Master of sciences) – The University of Arizona, Arizona.
- BAUMAN, D.E.; GRINARI, J.M. Nutritional regulation of milk fat synthesis. *Annu. Rev. Nutr.* v. 23, p. 203-227, 2003.
- BAUMAN, D.E.; MATHER, R.J.; WALL, R.J. et al. Major advances associated with the biosynthesis of milk. *J. Dairy Sci.*, v. 89, n. 4, p. 1235-1243, 2006.
- BERTRAND, J.A.; SUDDUTH, T.Q.; CONDON, A. et al. Nutrient content of whole cottonseed. *J. Dairy Sci.*, v. 88, n. 4, p. 1470-1477, 2005.
- BRANDÃO, A.S.P. Aspectos econômicos e institucionais da produção de leite no Brasil. In: RESTRIÇÕES TÉCNICAS, ECONÔMICAS E INSTITUCIONAIS AO DESENVOLVIMENTO DA CADEIA PRODUTIVA DO LEITE NO BRASIL,

- 1999, Juiz de Fora. *Anais...* Juiz de Fora, 1999. p. 37.
- BRASIL, A.F.; ARAÚJO, A.A.; MOURA, A.A.A. et al. Atividade reprodutiva no pós-parto, produção de leite e consumo de matéria seca de vacas leiteiras criadas no semi-árido e alimentadas com castanha de caju. *Rev. Bras. Rep. Anim.*, v.27, n.2, p.241 - 243, 2003.
- BU, D.P.; WANG, J.Q.; DHIMAN, T.R. et al. Effectiveness of oils rich in linoléico and linolenic acids to enhance conjugated linoléico acid in milk from dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v. 90, n. 2, p. 998-1007, 2007.
- CAJUCULTURA. Brasil. Disponível em: <www.cajucultura.com.br>. Acessado em: 05 fev. 2007.
- CHALUPA, W.; RICKABAUGH, B.; KRONFELD, D.S.; et al. Rumen fermentation in vitro as influenced by long chain fatty acids. *J. Dairy Sci.*, v. 67, n. 7, p. 1439-1444, 1984.
- CHILLIARD, Y. Dietary fat and adipose tissue metabolism in ruminants, pigs and rodents: a review. *J. Dairy Sci.*, v. 76, p. 3897-3931, 1993.
- CHURCH, C.D. Los lipídicos en la nutrición de los ruminantes. In: Church, D.C. El ruminante fisiología digestiva y nutrición. Zaragoza, Espanha, Ed. Acribia, 1988.
- DE PETERS, E.J.; CANT, J.P. Nutritional factors influencing the nitrogen composition of bovine milk: a review. *J. Dairy Sci.*, v. 75, n. 8, p. 2043-2070, 1992.
- DIAGNÓSTICO da pecuária leiteira de Minas Gerais em 2005: relatório de pesquisa. Belo Horizonte: FAEMG. 2006. 166p.
- ELGERSMA, A.; ELLEN, G.; VAN DER HORST, H. et al. Quick changes in milk fat composition from cows alter transition from fresh grass to a silage diet. *Anim. Feed. Sci. Techn.* v. 117, p. 13-27, 2004.
- EMPRESA Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Juiz de Fora: Embrapa/CNPGL. Disponível em: <<http://www.cnp.gl.embrapa.br/producao/dados2002/producao/tabela0230.php>>. Acessado em: 10 mar. 2004.
- EMPRESA Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Juiz de Fora: Embrapa/CNPGL. Disponível em: <<http://www.cnp.gl.embrapa.br>>. Acessado em: 17 out. 2006.
- EMPRESA Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Fortaleza: Embrapa/CNPAT. Disponível em: <<http://www.ceinfo.cnpat.embrapa.br/index2.php>>. Acessado em: 05 fev. 2007.
- FERREIRA, A.H. *Valor nutritivo de silagens à base de capim elefante com níveis crescentes de subprodutos agroindustriais de abacaxi, acerola e caju*. 2005. 157f. Tese (Doutorado em Ciência Animal) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- GRUMMER, R.R.; LUCK, M.L.; BARMORE, J.A. Rumen fermentation and lactation performance of cows fed roasted soybeans and tallow. *J. Dairy Sci.*, v. 76, n. 9, p. 2674-2681, 1993.
- HARFOOT, C.G. HAZLEWOOD, G.P. Lipid metabolism in the rumen. In: *The rumen microbial ecosystem*. 2.ed. Edited by P.N.Robson and C.S.Stewart. Blackie Academic & Professional, 1997.
- HARVATINE, K.J.; ALLEN, M.S. Effects of fatty acid supplements on milk yield and energy balance of lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v. 89, n. 3, p. 1081-1091, 2006a.
- JENKINS, T.C. Symposium: advances in ruminant lipid metabolism. *J. Dairy Sci.*, v. 76, n. 12, p. 3851-3863, 1993.
- KNORR, M. O leite como indicador nutricional em vacas. In: SEMINÁRIO APRESENTADO NA DISCIPLINA BIOQUÍMICA DO TECIDO ANIMAL, 2002. Disponível em:

http://www6.ufrgs.br/bioquímica/posgrad/BTA/leite_indicador.pdf. Acessado em: 05fev. 2007.

LAVEZZO, O.E.N.M. Abacaxi, banana, caju, uva, maçã. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 6., 1995, Piracicaba. *Anais...* Piracicaba: 1995. p. 291.

LEHNINGER, A.L. Princípios de bioquímica. 2. ed. São Paulo: Sarvier, 1995. 839p.

LIMA, M.L.M. Uso de subprodutos da agroindústria na alimentação de bovinos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 42., 2005, Goiânia. *Anais...* Goiânia: 2005. p. 446.

LOOR, J.J.; HERBEIN, J.H. Dietary canola or soybean oil with two levels of conjugated linoleic acids (CLA) alter profiles of 18:1 and 18:2 isomers in blood plasma and milk fat from dairy cows. *Anim. Feed. Sci. Technol.* v. 103, p. 63-83, 2003.

LOUSADA JÚNIOR, J.E.; COSTA, J.M.C.; NEIVA, J.N.M.; RODRIGUEZ, N.M. Caracterização físico-química de subprodutos obtidos do processamento de frutas tropicais visando seu aproveitamento na alimentação animal. *Rev. Ciênc. Agron.* v.37, n.1, p.70-76, 2006.

MELO, M.L.P. *Avaliação da qualidade protéica da amêndoa da castanha de caju (Anacardium occidentale, L.) crua e tostada, através da análise de aminoácidos.* 1997. 90f. Dissertação (Curso de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Ce.

MEN DE SÁ FILHO; MAIA, G.A.; HOLANDA, L.F.F. et al. Composição percentual dos ácidos graxos da fração lipídica da amêndoa da castanha de caju de diferentes clones de caju (*Anacardium occidentale, L.*). *Ciênc. Agron.*, v. 22, n.1/2, p 43-46, 1991.

MOSLEY, S.A.; MOSLEY, E.E.; HATCH, B. et al. Effect of varying levels of fatty

acids from palm oil on feed intake and milk production in Holstein cows. *J. Dairy Sci.*, v. 90, n. 2, p. 987-993, 2007.

NEIVA, J.N.M.; NUNES, F.C.S.; CÂNDIDO, M.J.D. et al. Consumo de nutrientes de silagens de capim elefante contendo níveis crescentes de subprodutos de maracujá em ovinos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 42, 2005, Goiânia-Go. *Anais...* Goiânia: SBZ, 2005. (CD-ROM).

NUTRIENT requirements of dairy cattle - NRC. Washington, DC: National Academy Press, 2001. 381p.

NUNES, I.J. *Nutrição Animal Básica.* 2 ed. Belo Horizonte: FEPMVZ, 1998. 387p.

OLIVEIRA, M.A. *Proporção de forragem e teor de lipídeos na dieta de vacas leiteiras: consumo, produção e composição do leite.* 2005. 54 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG.

PALMQUIST, D.L.; BEAULIEU, A.D.; BARBANO, D.M. Feed and animal factors influencing milk fat composition. *J. Dairy Sci.*, v. 76, n.6, p. 1753-1771, 1993.

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

PIMENTEL, P.G. *Consumo de matéria seca e nutrientes, produção de leite e indicadores de estresse térmico de vacas pardo-suíço alimentadas com diferentes níveis de castanhas de caju no semi-árido.* 55f. 2002. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE.

REIS, R.B.; GLÓRIA, J.R.; VIEIRA, L.R. et al. Manipulação da composição do leite pela nutrição da vaca. In: SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO DE LEITE: NUTRIÇÃO, REPRODUÇÃO E QUALIDADE, 1., 2005, Belo Horizonte. *Anais...* Belo Horizonte: 2005. (CD-ROM).

RODRIGUES, M.M.; NEIVA, J.N.M.; VASCONCELO, V.R. et al. Utilização do farelo de castanha de caju na terminação de ovinos em confinamento. *Rev. Bras. Zootec.*, v. 32, n. 1, p. 240-248, 2003.

RODRIGUEZ, N.M.; GUIMARÃES JÚNIOR, R. Utilização de subprodutos da agroindústria na alimentação de vacas de leite. In: SIMPÓSIO MINEIRO DE NUTRIÇÃO DE GADO DE LEITE, 3., 2005, Belo Horizonte. *Anais...* Belo Horizonte: 2005. p. 65.

ROSTAGNO, H.S. Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais. Viçosa: 2ª ed. 2005. 186p.

SANTOS, F.L.; LANA, R.P.; SILVA, M.T.C. et al. Produção e composição do leite de vacas submetidas a dietas contendo diferentes níveis e formas de suplementação de lipídios. *Rev. Bras. Zootec.*, v. 30, n. 4, p. 1376-1380, 2001.

SBRT. Brasil. SERVIÇO BRASILEIRO DE RESPOSTAS TÉCNICAS. Disponível em: <<http://www.sbrt.ibict.br/upload/sbrt3967.html>>. Acessado em: 05 fev. 2007.

SECRETARIA da Agricultura do Estado do Ceará. Fortaleza: SEAGRI. Disponível em: <<http://www.seagri.ce.gov.br/Cajucultura.htm>>. Acessado em: 10 fev. 2007.

SOUZA FILHO, M.M.; ARAGÃO, A.O.; ALVES, R.E. et al. Aspectos da pós-colheita e transformação industrial do pedúnculo do caju (*Anacardium occidentale*, L.). Disponível em: <<http://www.sbrt.ibict.br/upload/sbrt3967.html>>. Acessado em: 19 mar. 2007.

VALADARES FILHO, S.C.; MAGALHÃES, K.A.; ROCHA JÚNIOR, V.R. et al. Tabelas brasileiras de composição de alimentos para bovinos. 2 ed. Viçosa: UFV, 2006. 329p.

VAN SOEST, P.J. Nutritional ecology of the ruminant. 2 ed. Ithaca: Cornell University, 1994.

CAPITULO 2

Consumo de matéria seca e nutrientes, digestibilidade aparente, comportamento ingestivo, degradabilidade “in situ” e taxa de passagem de vacas em lactação alimentadas com dietas contendo proporções crescentes de castanha de caju

2.1 Introdução

Tradicionalmente, relaciona-se a produção leiteira com baixo uso de tecnologia, qualidade reduzida e rentabilidade marginal, sendo que estes pontos levam a pecuária leiteira a se desenvolver em locais que não se prestam a atividades mais rentáveis. Realmente, o Brasil, em termos de médias de produtividade, encontra-se muito atrás de outros países de pecuária leiteira mais avançada. Contudo, analisando positivamente a atividade leiteira, pode-se constatar que, em relação a todo agronegócio, escassas são as demais atividades que possuem maior potencial de evolução que o leite, principalmente devido à ampla gama de conhecimento e tecnologias disponíveis para tal (Carvalho, 2005).

Dentre os itens que mais oneram a produção de leite, destaca-se a alimentação, a qual representa a maior parcela do custo total. É necessária, portanto, utilização criteriosa dos alimentos disponíveis na propriedade para que se possa atingir maior eficiência econômica na atividade (Villela et al., 2006). A elevação e a oscilação nos preços dos componentes concentrados, tanto energéticos, quanto protéicos, apontam para a necessidade de se avaliar a possível substituição destes por alimentos alternativos de menor custo e que apresentando adequada qualidade, sejam capazes de manter a produção dos rebanhos.

Uma alternativa cujo potencial é ainda pouco explorado é a inclusão de subprodutos na formulação de dietas para animais em produção, substituindo os alimentos

convencionais. Os resíduos da agroindústria podem consistir fontes valiosas de proteína, energia e fibra. No entanto, como a variabilidade no conteúdo de nutrientes é maior para os subprodutos que para os alimentos convencionais, análises frequentes de sua composição química devem ser realizadas para melhor obtenção de resultados (Lima, 2005).

Com o desenvolvimento da fruticultura, a região Nordeste vem apresentando significativo aumento no número de agroindústrias instaladas, elevada produção de resíduos agroindustriais com alto potencial de utilização na dieta animal, tornando-se importante fator na redução dos custos de produção (Lousada Junior et al., 2006).

Dentre as plantas frutíferas tropicais, o cajueiro ocupa lugar de destaque no setor da agroindústria. Esta planta é nativa do Brasil, mas contrariamente aos países onde foi difundida pelos portugueses (Índia, Moçambique, Quênia e Tanzânia), somente tardiamente começou a ser utilizada como fonte de renda pelos estados do Norte e Nordeste brasileiro. O caju é composto pela castanha (verdadeiro fruto) e pelo pseudofruto (pedúnculo hipertrofiado). O pseudofruto tem estrutura carnosa e suculenta, sendo rico em vitamina C e utilizado na fabricação de doces e bebidas. Após a extração do suco, o bagaço originado pode ser utilizado para nutrição animal. A castanha de caju contém em seu interior a amêndoa, que tostada representa elevado valor comercial (Lavezzo, 1995). A partir das perdas no beneficiamento industrial da amêndoa, obtém-se o subproduto da

castanha de caju, impróprio ao consumo humano, e que por possuir satisfatória composição de nutrientes pode ser uma alternativa viável no arraçãoamento de vacas leiteiras, substituindo o milho e o farelo de soja, ingredientes que mais podem vir a onerar a dieta.

A presente pesquisa teve como finalidade avaliar o consumo de matéria seca e nutrientes, a degradabilidade *in situ* da silagem de milho, da castanha de caju e dos alimentos concentrados, a digestibilidade aparente, o comportamento ingestivo e a taxa de passagem de vacas em lactação alimentadas com dietas contendo proporções crescentes de castanha de caju.

2.2 Material e Métodos

Descrição do Experimento

O experimento foi conduzido no setor de bovinocultura de leite da Fazenda Experimental Professor Hélio Barbosa,

pertencente à Universidade Federal de Minas Gerais, localizada no município de Igarapé, MG, no período de 06 de setembro a 28 de novembro de 2004. A cidade está situada a 20°04'30" de latitude sul e 44°20'80" de longitude oeste e altitude de 850 m.

Foram utilizadas oito vacas holandesas pluríparas, entre 50 e 74 dias pós-parto, com produção média de 28 ± 4kg de leite/dia, com peso corporal médio de 555kg, dispostas em um delineamento quadrado latino 4x4, duplo. A pesquisa teve duração de 84 dias, divididos em quatro períodos de 21 dias, sendo 14 dias de adaptação e sete dias de coleta de dados. Os animais permaneceram confinados e individualizados em instalações do tipo "tie stall" com livre acesso à água.

Os tratamentos avaliados consistiram em proporções crescentes de inclusão de 0, 8, 16 e 24% de castanha de caju moída na porção concentrada da dieta (CC; Tabela 05).

Tabela 05. Composição bromatológica da silagem de milho, da castanha de caju e dos concentrados experimentais

| Nutriente (%MS) ² | Silagem de milho | CC | Concentrados ¹ | | | |
|------------------------------|------------------|-------|---------------------------|-------|-------|-------|
| | | | C00 | C08 | C16 | C24 |
| MS | 39,64 | 94,05 | 90,48 | 90,02 | 91,24 | 90,57 |
| PB | 8,64 | 24,45 | 26,75 | 25,52 | 25,70 | 25,29 |
| EE | 5,13 | 44,09 | 3,59 | 8,20 | 11,68 | 15,58 |
| CHOT ³ | 82,83 | 25,34 | 61,24 | 57,86 | 55,16 | 50,91 |
| CNF ⁴ | 32,27 | 8,46 | 34,64 | 35,17 | 31,56 | 28,94 |
| FDN | 50,56 | 16,88 | 26,59 | 22,68 | 23,66 | 21,97 |
| FDA | 29,15 | 9,38 | 13,73 | 14,07 | 15,36 | 15,02 |
| Cinzas | 3,40 | 6,12 | 8,43 | 8,43 | 7,40 | 8,22 |
| Ca | 0,37 | 0,42 | 1,52 | 1,47 | 1,44 | 1,46 |
| P | 0,18 | 0,81 | 0,73 | 0,57 | 0,65 | 0,72 |
| EB, Mcal/kg | 4,34 | 6,56 | 4,24 | 4,33 | 4,65 | 4,70 |

¹C00: Sem CC; C08: 8% de CC; C16: 16% de CC; C24: 24% de CC.

²MS: Matéria seca; PB: Proteína bruta; EE: Extrato etéreo; NDT: Nutrientes digestíveis totais; CHOT: Carboidratos totais; CNF: Carboidratos não fibrosos; FDN: Fibra em detergente neutro; FDA: Fibra em detergente ácido; Ca: Cálcio; P: Fósforo; EB: Energia bruta.

³%CHOT = 100 - (%PB + %EE + %Cinzas), de acordo com Sniffen, et al. (1992).

⁴%CNF = 100 - (%PB + %FDN + %EE + %Cinzas), de acordo com NRC (2001).

As dietas foram balanceadas para atender às exigências nutricionais das vacas de acordo com o NRC (2001). A dieta foi fornecida na forma de mistura completa, duas vezes ao dia, após as ordenhas (7 e 17h), permitindo sobras de 10%. Antes da primeira alimentação do dia, as sobras foram coletadas e pesadas para ajuste do consumo de cada animal.

A Tabela 06 apresenta a composição centesimal e química das dietas

experimentais com diferentes proporções de castanha de caju (CC). Os teores de extrato etéreo nas dietas contendo 0, 8, 16 e 24% de CC na porção concentrada foram, respectivamente, 3,16; 4,60; 6,89 e 7,31%, com base na matéria seca. A castanha de caju contribuiu com, aproximadamente, 46,0; 61,8 e 67,7% do total de extrato etéreo presente nos concentrados quando os níveis de inclusão deste ingrediente foram de 8, 16 e 24%, respectivamente.

Tabela 06. Composição centesimal e química das dietas experimentais com diferentes proporções de castanha de caju

| Ingredientes (%MS) | Dietas ¹ | | | |
|-------------------------------------|---------------------|-------|-------|-------|
| | T00 | T08 | T16 | T24 |
| Silagem de milho | 50,00 | 50,00 | 50,00 | 50,00 |
| Castanha de caju | 0,00 | 3,76 | 7,53 | 11,29 |
| Milho, grão moído | 18,15 | 14,58 | 13,13 | 12,44 |
| Farelo de soja | 18,09 | 16,55 | 14,68 | 12,85 |
| Polpa cítrica | 11,33 | 12,95 | 12,39 | 10,82 |
| Uréia | 0,32 | 0,32 | 0,32 | 0,32 |
| Premix min.-vit. ² | 0,64 | 0,64 | 0,65 | 0,65 |
| Cloreto de sódio | 0,27 | 0,27 | 0,27 | 0,27 |
| Calcário | 0,32 | 0,32 | 0,27 | 0,43 |
| Bicarbonato de sódio | 0,27 | 0,27 | 0,27 | 0,27 |
| <i>Nutrientes (%MS)³</i> | | | | |
| MS | 50,18 | 51,25 | 50,02 | 49,40 |
| PB | 15,77 | 16,22 | 15,36 | 14,59 |
| EE | 3,16 | 4,60 | 6,89 | 7,31 |
| CHOT ⁴ | 75,15 | 73,92 | 71,93 | 71,85 |
| CNF ⁵ | 29,64 | 28,07 | 27,63 | 27,82 |
| FDN | 45,51 | 45,85 | 44,30 | 44,03 |
| FDA | 29,87 | 28,07 | 27,63 | 27,82 |
| NIDN | 1,81 | 1,58 | 1,49 | 1,50 |
| NIDA | 2,27 | 1,96 | 1,36 | 2,03 |
| Cinzas | 5,92 | 5,26 | 5,82 | 6,25 |
| Ca | 0,74 | 0,78 | 0,78 | 0,72 |
| P | 0,30 | 0,34 | 0,34 | 0,31 |

¹T00: Dieta sem CC; T08: Dieta com 8% de CC na porção concentrada; T16: Dieta com 16% de CC na porção concentrada; T24: Dieta com 24% de CC na porção concentrada.

²Composição por kg: Ca: 21,0%; P: 16,0%; S: 2,1%; Fe: 2000ppm; Cu: 2000ppm; Zn: 5000ppm; Mn: 1600ppm; I: 160ppm; Se: 30ppm; Co: 185ppm; F(máx): 1600ppm.

³MS: Matéria seca; PB: Proteína bruta; EE: Extrato etéreo; CHOT: Carboidratos totais; CNF: Carboidrato não fibrosos; FDN: Fibra em detergente neutro; FDA: Fibra em detergente ácido; NIND: Nitrogênio insolúvel em detergente neutro; NIDA: Nitrogênio insolúvel em detergente ácido; Ca: Cálcio; P: Fósforo.

⁴%CHOT = 100 - (%PB + %EE + %Cinzas), de acordo com Sniffen, et al. (1992).

⁵%CNF = 100 - (%PB + %FDN + %EE + %Cinzas), de acordo com o NRC (2001).

Os teores de FDN e FDA de todas as dietas experimentais situaram-se acima do mínimo de 28 e 21%, respectivamente, segundo o recomendado pelo NRC (2001).

À medida que a castanha de caju foi incluída nas dietas, observou-se uma substituição gradual dos ingredientes milho e soja, como mostra a Tabela 06. O milho foi substituído pela CC em, aproximadamente, 19,7; 27,7 e 31,5%, enquanto o farelo de soja apresentou proporção de substituição de, aproximadamente, 8,5; 18,9 e 29,0%, nas dietas T08, T16 e T24.

Na Tabela 07 são apresentados os percentuais dos ácidos graxos na castanha de caju. Em ordem crescente de percentuais tem-se o ácido linolênico (C_{18:3}), palmitoléico (C_{16:1}), palmítico (C_{16:0}), esteárico (C_{18:0}), linoléico (C_{18:2}) e oléico (C_{18:1}). Constata-se a predominância do ácido oléico, com 57,39%, concordando com Men de Sá et al. (1991), os quais observaram percentuais acima de 60% de ácido oléico em vários clones de caju.

Tabela 07. Perfil de ácidos graxos (%) e relação entre ácidos graxos insaturados e saturados da castanha de caju

| Ácido graxo | CC |
|---------------------------------------|-------|
| Ácido palmítico, C _{16:0} | 9,09 |
| Ácido palmitoleico, C _{16:1} | 0,33 |
| Ácido esteárico, C _{18:0} | 12,26 |
| Ácido oléico, C _{18:1} | 57,39 |
| Ácido linoléico, C _{18:2} | 20,71 |
| Ácido linolênico, C _{18:3} | 0,22 |
| Ácidos graxos saturados | 21,35 |
| Ácidos graxos insaturados | 78,65 |
| Insaturados:saturados | 3,68 |

Constata-se predominância de ácidos graxos insaturados na castanha de caju.

A silagem de milho foi utilizada como alimento volumoso único e as dietas foram formuladas para serem isoprotéicas. O monitoramento semanal da matéria seca da silagem foi realizado para que a proporção permanecesse, aproximadamente, 50% de volumoso e 50% de concentrado durante todo período experimental, com base na matéria seca.

O consumo voluntário diário foi obtido pela subtração da quantidade de alimento fornecido nas duas alimentações pela sobra pesada na manhã seguinte antes da primeira alimentação do dia.

Amostras das dietas oferecidas e das sobras foram coletadas diariamente, acondicionadas em sacos plásticos devidamente identificados e armazenados a -20°C para posteriores análises laboratoriais.

As fezes foram coletadas pela manhã e à tarde, do décimo quinto ao vigésimo dia do período experimental, diretamente da ampola retal, sendo realizadas ao final do dia amostras compostas para obtenção de uma só amostra por animal, que eram acondicionadas em sacos plásticos identificados e armazenados a -20°C. Para determinação da produção fecal foi utilizada a concentração de lignina como marcador interno, nas amostras das dietas fornecidas, sobras e fezes (Van Soest, 1994).

O comportamento ingestivo foi determinado no 20^o e 21^o dias de cada período experimental, por meio da observação visual da atividade bucal de cada animal, de forma intermitente a cada 5 minutos, durante 24 horas seguidas. A avaliação do comportamento ingestivo consistiu nos registros do tempo despendido com as atividades de ruminção, ócio e ingestão de água e alimentos. Os tempos de mastigação foram determinados pela soma dos tempos de ingestão de alimentos e ruminção (minutos/dia). Para os tempos de mastigação (minutos/dia) por unidade de matéria seca consumida, foram considerados os consumos médios de cada período. Durante o período das ordenhas a atividade mastigatória não foi considerada.

Os animais experimentais foram pesados no início do experimento e ao final de cada período experimental, com avaliação concomitante do escore corporal (escores de 1 a 5; Wildman et al., 1982).

Para avaliação das taxas de passagem da fase sólida e líquida foram utilizadas as quatro vacas fistuladas no rúmen dispostas em um delineamento quadrado latino 4x4 com parcelas subdivididas. A fibra mordentada com dicromato de potássio (Cr-mor) foi utilizada como marcador de fase sólida e cobalto EDTA (Co-EDTA) como marcador de fase líquida (Udén et al., 1980). Durante cada período experimental, ao 15^o dia, foram fornecidos diretamente no rúmen, simultaneamente, 25g de fibra mordentada e 10g de Co-EDTA por animal, sendo o conteúdo ruminal manualmente homogeneizado.

A amostra de fezes correspondente ao tempo zero foi colhida antes da infusão dos marcadores. Em seguida à administração dos marcadores, foi promovida a coleta das fezes nos tempos: 3, 6, 9, 12, 21, 24, 42, 54, 69, 81, 93 e 95 horas.

A degradabilidade ruminal *in situ* da matéria seca, matéria orgânica e da proteína bruta da silagem de milho, da castanha de caju (CC) e dos quatro concentrados experimentais (sem inclusão de CC e com as inclusões de 8, 16 e 24%) foi realizada utilizando-se uma vaca holandesa múltipara fistulada no rúmen, alimentada com silagem de milho e concentrado.

Para que fossem incubados, os alimentos foram pré-secos, durante 24 horas, em estufa ventilada a 65°C e moídos em peneiras de 5mm para a silagem de milho e 2mm para os demais. Os alimentos moídos foram pesados em sacos de náilon de 12,0cm de altura e 9,5cm de largura, com poros de 50µm e ancorados em uma corrente, de modo a proporcionar cerca de 20mg do alimento por cm² de área útil dos saquinhos (Nocek, 1988). Os tempos avaliados foram: 0, 3, 6, 12, 24 e 48 horas, sendo que para a silagem de milho foram também utilizados os tempos 72 e 96 horas para avaliação de sua degradabilidade potencial. O tempo zero não foi incubado no rúmen. Os saquinhos foram, em sua totalidade, incubados por ocasião do fornecimento da alimentação da manhã e retirados nos tempos descritos anteriormente. Imediatamente após a retirada, os sacos foram lavados em água fria, identificados e armazenados a -20°C para posteriores análises.

Análises Laboratoriais

As análises laboratoriais foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG).

Ao término do experimento, as amostras das dietas fornecidas e das sobras foram descongeladas à temperatura ambiente e compostas por animal por período. A pré-secagem destas amostras foi realizada em estufa de ventilação forçada, a 65°C, durante 72 horas, e, posteriormente, moídas em moinho do tipo “Thomas Willey” (modelo 4,

Arthur H. Thomas Co., Philadelphia PA), dotado de peneira com crivos de 1mm, acondicionadas em recipientes de plástico com tampa e armazenadas para posteriores análises laboratoriais.

Para as amostras de fezes, somente após sua pré-secagem e moagem foi realizada a elaboração de uma única amostra composta por animal por período, que foi acondicionada em recipientes de plástico com tampa e armazenadas para posteriores análises.

Os teores de matéria seca (MS), cinzas, proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), cálcio (Ca) e fósforo (P) foram determinados segundo a AOAC International (Cunnif, 1995). As análises de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido

(FDA) foram realizadas de acordo com o método de Van Soest et. al. (1991). A diferença entre os teores de matéria seca e cinzas determinou a matéria orgânica (MO). As análises do perfil de ácidos graxos da castanha de caju foram realizadas por meio de cromatografia gasosa de alta eficiência, com uso de cromatógrafo de fase gasosa, SHIMADZU®, modelo GC-17A, com autoinjeter Shimadzu CBM-101, acoplado a um microcomputador Pentium 100 com software Class – GC10 versão 1.61. Os AGCL foram separados com uma coluna metil silicone + carbovax (30m x 0,53mm).

A percentagem de carboidratos não fibrosos (CNF) nas dietas foi calculada segundo a equação proposta pelo NRC (2001):

$$\% \text{CNF} = 100 - (\% \text{PB} + \% \text{FDN} + \% \text{EE} + \% \text{Cinzas})$$

Os teores de carboidratos totais (CHOT) foram obtidos a partir da seguinte fórmula (Sniffen et al., 1992):

$$\% \text{CHOT} = 100 - (\% \text{PB} + \% \text{EE} + \% \text{Cinzas})$$

Os cálculos da produção fecal (PF) e do coeficiente de digestibilidade aparente (%DA) foram obtidos a partir das seguintes expressões (Church, 1988):

$$\text{PF (gMS/dia)} = \frac{\text{lignina consumida (g/dia)}}{\text{concentração de lignina nas fezes (g/gMS)}}$$

$$\% \text{DA} = \frac{[\text{nutriente ingerido (kg/dia)} - \text{nutriente excretado nas fezes (kg/dia)}]}{\text{nutriente ingerido (kg/dia)}} \times 100$$

A energia bruta (EB) dos alimentos fornecidos, sobras e fezes foi determinada por meio de calorímetro adiabático tipo PARR 2081. Durante o 18º dia de cada período experimental, duas amostras de urina (manhã e tarde) foram coletadas de cada animal por meio de micção espontânea para obtenção da EB da urina. As amostras foram filtradas em camada dupla de gaze,

pesados 20mL em copo descartável e seco em estufa ventilada a 65°C, durante 24 horas, para obtenção do resíduo para combustão na bomba calorimétrica. A queima de três copinhos vazios funcionou como branco, servindo como referência para a produção de calor do copinho individualmente.

As diversas frações de energia foram obtidas conforme descrito abaixo:

Energia Digestível (ED) = Energia Ingerida – EB Excretada nas Fezes;

O volume urinário (VU), para cálculo da energia presente na urina, foi estimado conforme a equação proposta por Valadares

Filho (2000), a partir das concentrações de creatinina:

$$\text{VU (L/dia)} = \frac{(29 \times \text{Peso Vivo, kg})}{(\text{creatinina, mg/L})}, \text{ onde:}$$

29 = valor da excreção diária média de creatinina, em mg/kgPV, obtido para vacas leiteiras.

$$\text{EM} = \text{ED} - (\text{Energia na Urina} + \text{Energia dos Gases})$$

A produção de metano foi estimada segundo a fórmula de Blaxter e Clapperton (1965):

$$\text{Cm} = 3,67 + 0,062 \times D - (0,05 \times D - 2,37) \times L, \text{ onde:}$$

Cm = produção de metano em kcal/100kcal de energia consumida;

D = digestibilidade aparente da energia bruta do alimento; e

L = nível de alimentação como múltiplo do nível de manutenção.

Para obtenção da taxa de passagem, as amostras de fezes foram descongeladas a temperatura ambiente, secas a 65°C por 72 horas em estufa ventilada e processadas em moinho do tipo Willey em peneira de 1mm. Posteriormente, foram colocadas em estufa a 105°C por cinco horas para determinação do teor de matéria seca. As concentrações de cromo e cobalto foram obtidas com a utilização do espectrofotômetro de absorção atômica (Perkin Elmer 3110), segundo Kimura e Miller (1957).

As estimativas dos parâmetros da cinética da fase líquida foram realizadas pelo processo iterativo do algoritmo Marquardt, com auxílio do procedimento para modelos não-lineares (PROC NLIN) do SAS (Statistical Analysis System, 1985), para cada um dos tratamentos avaliados, a partir da utilização conjunta dos dados das quatro repetições disponíveis (vacas), obtendo, portanto, valores médios para caracterizar as referidas condições estudadas. Foi

utilizado o modelo descrito por Grovum e Williams (1973):

$$Y = A * e^{-k_1 * (t - TT)} - A * e^{-k_2 * (t - TT)}, \text{ (para } t \geq TT \text{ e } Y = 0, \text{ para } t < TT), \text{ onde:}$$

A = indefinido do ponto de vista biológico, apresentando apenas valor matemático.

k₁ = taxa de passagem no rúmen-retículo;

k₂ = taxa de passagem no ceco e cólon proximal;

TT = tempo de trânsito no omaso e intestinos delgado e grosso, ou, ainda, tempo decorrido desde a infusão até o primeiro aparecimento do indicador nas fezes.

A variável Y dependente define a concentração fecal do indicador no tempo t.

Os parâmetros da cinética de fluxo da fase sólida foram estimados pelo processo iterativo do algoritmo Marquardt, com auxílio do procedimento para modelos não-

lineares (PROC NLIN) do SAS (1985), segundo modelo descrito por Dhanoa et al. (1985). Foram geradas curvas para cada tratamento avaliado, a partir da utilização conjunta dos dados das quatro repetições disponíveis (vacas), obtendo, portanto, valores médios para caracterizar as referidas condições estudadas. A expressão matemática simplificada do modelo multicompartimental de Dhanoa et al. (1985) é:

$$Y = A * e^{-k_1*t} * \exp(-B*e^{-k_2*t}), \text{ onde:}$$

A e B = parâmetros de escala, sem definição biológica;

k_1 = taxa de passagem ruminal;

k_2 = taxa de passagem pós-ruminal;

Os cálculos de tempos de retenção ruminal e pós-ruminal, do tempo médio de retenção no trato gastrointestinal e do tempo de trânsito foram realizados segundo procedimentos relatados por Lira et al. (2006).

Para estimativa da degradabilidade *in situ*, ao final do experimento, os sacos foram descongelados à temperatura ambiente, lavados em máquina de lavar, até que a água saísse límpida. Após a lavagem, os mesmos foram secos em estufa de ventilação forçada a 65°C, por 72 horas, transferidos para dessecador por 30 minutos e pesados.

Os alimentos incubados foram moídos a 1mm para análise de MS, MO e PB segundo AOAC International (Cuniff, 1995). A concentração destas frações nos alimentos e os pesos das amostras incubadas foram utilizados para cálculos do desaparecimento das respectivas frações. A fração solúvel dos alimentos foi determinada pela perda de material por ocasião da lavagem dos saquinhos correspondente ao tempo zero.

A determinação da degradabilidade no rúmen seguiu o modelo proposto por Mehrez e Orskov (1977):

$$P = a + b(1 - e^{-ct}), \text{ onde:}$$

P = porcentagem de degradação após um tempo t (horas) de incubação ruminal;

a = intercepto da curva de degradação no tempo zero, que representa o substrato solúvel e completamente degradado;

b = degradabilidade potencial do material que permaneceu no saco após o tempo zero e que será degradado com o tempo (substrato insolúvel, mas potencialmente degradável);

c = taxa fracional constante de degradação da fração potencialmente degradável remanescente, a partir do tempo zero, pela ação dos microrganismos ruminais (%/h).

Para cálculo da degradabilidade efetiva (DE) foi utilizado o modelo de Orskov e McDonald (1979):

$$DE (\%) = a + \frac{b * c}{c + k_p}, \text{ onde:}$$

a, b e c já foram definidos na equação anterior; e

k_p = taxa de passagem das partículas pelo rúmen (adotando-se as taxas de passagem de 2, 5 e 8%/h).

Análises Estatísticas

Os resultados de consumo, digestibilidade aparente e comportamento ingestivo foram interpretados estatisticamente por meio de análise de variância, utilizando o PROC GLM do programa SAS (Statistical Analysis System, 1996). Foi realizada análise de contrastes para determinar se as respostas obtidas comportavam-se com padrões lineares ou quadráticos.

A análise de regressão foi realizada para a obtenção de estimativas das respostas avaliadas em níveis de castanha de caju não

utilizados no experimento. Para esta estimativa foi utilizado o PROC REG do programa SAS (1996). Foram testados diferentes modelos matemáticos (lineares e quadráticos) para a escolha daquele que apresentasse maiores coeficientes de determinação e significância. O modelo matemático adotado foi aquele que apresentou melhor adequacidade para o tipo de resposta biológica estudada.

Os efeitos da inclusão de CC sobre o consumo, a digestibilidade aparente e comportamento ingestivo dos animais foram avaliados segundo o modelo estatístico:

$$Y_{ijkl} = \mu + Q_i + P_j + A/Q_{k(i)} + T_l + \varepsilon_{ijkl},$$

onde:

Y_{ijkl} = resposta do animal k, no período j, dentro do quadrado i, sob a dieta l;

μ = média geral;

Q_i = efeito de quadrado; $i = 1,2$.

P_j = efeito do período j; $j = 1,2,3,4$.

$A/Q_{k(i)}$ = efeito do animal k; $k = 1,2,3,4,5,6,7,8$, dentro do quadrado i.

T_l = efeito da dieta l; $l = 1,2,3,4$.

ε_{ijkl} = erro aleatório no animal k, no período j da dieta l.

Para a análise dos coeficientes de digestibilidade, os dados foram transformados em Arco-Seno da raiz quadrada dividido por cem para maior uniformização em torno da média.

2.3 Resultados e Discussão

As médias obtidas para o consumo diário de matéria seca, matéria orgânica e nutrientes estão apresentadas na Tabela 08. Os consumos de matéria seca expressos em quilograma por dia, percentagem do peso vivo e matéria seca em gramas por unidade de tamanho metabólico não foram alterados em função da inclusão de CC nas dietas. Como os teores de extrato etéreo da dieta ficaram abaixo de 8% na dieta total, esse resultado é aceitável, uma vez que o NRC (2001) estabelece esse nível como limite, a partir do qual ocorreriam reduções no consumo de MS.

Tabela 08. Consumo diário de matéria seca, matéria orgânica e nutrientes de vacas em lactação com diferentes proporções de castanha de caju na dieta

| Nutrientes ² | Dieta ¹ | | | | EPM ³ | Contrastes ⁴ | |
|--------------------------|--------------------|--------|--------|--------|------------------|-------------------------|-------|
| | T00 | T08 | T16 | T24 | | L | Q |
| MS, kg | 21,54 | 21,52 | 20,49 | 21,62 | 0,43 | 0,49 | 0,51 |
| MS, %PV | 3,75 | 3,70 | 3,55 | 3,72 | 0,08 | 0,43 | 0,47 |
| MS, g/kg ^{0,75} | 183,36 | 181,46 | 173,64 | 182,60 | 3,74 | 0,44 | 0,47 |
| MO, kg | 20,35 | 20,51 | 19,42 | 20,35 | 0,42 | 0,61 | 0,66 |
| PB, kg | 3,52 | 3,68 | 3,29 | 3,24 | 0,10 | 0,91 | 0,60 |
| EE, kg | 0,72 | 1,05 | 1,53 | 1,65 | 0,05 | <0,01 | 0,31 |
| CNF, kg | 6,41 | 5,91 | 5,55 | 5,89 | 0,15 | 0,09 | 0,17 |
| FDN, kg | 9,70 | 9,88 | 9,06 | 9,57 | 0,22 | 0,60 | 0,71 |
| FDN, %PV | 1,69 | 1,70 | 1,57 | 1,64 | 0,04 | 0,52 | 0,65 |
| FDA, kg | 6,39 | 5,73 | 5,89 | 5,53 | 0,11 | 0,20 | 0,51 |
| Cinzas, kg | 1,20 | 1,01 | 1,06 | 1,28 | 0,03 | 0,01 | <0,01 |
| Ca, kg | 0,16 | 0,18 | 0,16 | 0,16 | 0,003 | 0,27 | 0,14 |
| P, kg | 0,06 | 0,07 | 0,07 | 0,06 | 0,002 | 0,19 | 0,16 |

¹T00: Dieta sem CC; T08: Dieta com 8% de CC na porção concentrada; T16: Dieta com 16% de CC na porção concentrada; T24: Dieta com 24% de CC na porção concentrada.

²MS: Matéria seca; MO: Matéria orgânica; PB: Proteína bruta; EE: Extrato etéreo; CNF: Carboidratos não fibrosos; FDN: Fibra em detergente neutro; FDA: Fibra em detergente ácido; Ca: Cálcio; P: Fósforo.

³EPM: Erro padrão da média.

⁴Valor de P: L = Efeito linear; Q = Efeito quadrático.

O valor médio de consumo de matéria seca foi 21,29kg/dia, sendo superior ao encontrado por Oliveira (2005) utilizando vacas em lactação recebendo silagem de milho como volumoso único e com produção de leite semelhante ao presente estudo (variação de 19,52 a 20,38kg de MS/dia). O consumo médio na presente pesquisa superou em 11,23% o obtido por meio de simulação com o NRC (2001), o qual estimou para os animais experimentais exigência de consumo de matéria seca em torno de 18,9kg/dia. O mais alto consumo, provavelmente, foi resultado do potencial produtivo dos animais, aliado ao estágio de lactação em que se encontravam (pico de consumo) e à dieta com disponibilidade de volumoso com adequado valor nutritivo. A média de consumo de matéria seca como percentagem do peso vivo (3,68%PV) atesta esta afirmação.

Para o consumo de matéria orgânica, os resultados foram semelhantes aos obtidos para o consumo de matéria seca. Esse resultado era esperado, uma vez que os

teores de MO das dietas foram bastante próximos (Tabela 06).

O consumo de proteína bruta foi próximo ao valor de 3,65kg/dia estimado pelo NRC (2001), não sendo obtidas alterações em seu consumo. Como as dietas foram formuladas para serem isoprotéicas e não sendo observadas alterações no consumo de MS, esse resultado era esperado.

A ingestão de EE aumentou linearmente em função dos níveis crescentes de CC adicionados à dieta, conforme mostra a equação de regressão $Y = 0,75 + 0,041X$, onde Y é o consumo de EE em quilogramas e X corresponde ao nível de inclusão de CC no concentrado (%). O coeficiente de determinação para a equação foi 0,96 e o nível de probabilidade igual a 0,02. Conforme demonstrado pela equação, para cada 1% de adição de castanha de caju, o consumo de extrato etéreo aumentou 0,041kg.

O consumo de carboidratos não fibrosos, fibra em detergente neutro em quilograma por dia, fibra em detergente neutro como percentagem do peso vivo e fibra em detergente ácido não variaram com a adição de castanha de caju na dieta das vacas em lactação. Resultados semelhantes foram relatados por Malafaia et al. (1996), avaliando níveis crescentes de inclusão de sebo bovino em dietas de vacas leiteiras. Contudo, Grummer et al. (1993) observaram redução na ingestão de FDN quando utilizaram 0, 1, 2 e 3% de sebo bovino na dieta.

Duarte et al. (2005), corroborando com o presente estudo, não relataram efeito do fornecimento de grão de soja sobre o consumo médio de MS total e em gramas por unidade de tamanho metabólico, bem como sobre a ingestão de FDN (17,01kg, 199,00g/kg^{0,75} e 5,63kg, respectivamente) de vacas Jersey em dieta contendo 5,28% de ácido graxo. Ao avaliarem o efeito de diferentes tipos de suplementação lipídica, como saturada, intermediária entre saturada e insaturada, e tipicamente insaturada, em relação a uma dieta controle, Harvatine e Allen (2006b) observaram que a suplementação com lipídeos reduziu o consumo de matéria seca e esta redução apresentou comportamento linear com o fornecimento de gordura insaturada. A comparação entre os tipos de gordura por estes autores mostrou que a gordura saturada não apresentou efeito sobre o consumo de MS, MO, amido e ácido graxo, enquanto a insaturada diminuiu a ingestão de alimentos quando comparada à dieta controle.

A análise da CC mostra que 57,4% dos lipídeos deste ingrediente é ácido oléico e que apenas 20,7% é ácido linoléico. Possivelmente, o ácido linoléico não tem efeito depressor sobre o consumo de matéria seca como os outros ácidos graxos poliinsaturados.

Pimentel (2002), utilizando CC na dieta de vacas em lactação e cana-de-açúcar como volumoso único, encontrou redução significativa ($P < 0,05$) de 5,57% no consumo de matéria seca total com a inclusão deste subproduto na dieta de vacas leiteiras. A dieta com proporções de 24% de CC no concentrado apresentou redução nos consumos de NDT, FDN e FDA em relação ao tratamento controle, o que possivelmente se deveu à diminuição no consumo de MS.

Segundo Vargas et al. (2002), o efeito depressor dos lipídeos sobre o consumo de matéria seca pode estar relacionado à inibição do crescimento microbiano e, por consequência, fermentação da fibra, reduzindo, desta forma, a taxa de passagem da digesta pelo trato gastrointestinal. A inibição pode ser direta, por meio de efeitos citotóxicos sobre os microrganismos, ou indireta, por meio da substituição do carboidrato pelo lipídeo, contudo estes últimos não são utilizados como fonte de energia para o crescimento bacteriano.

A variação na composição das dietas, no que se refere ao conteúdo de cinzas, possivelmente refletiu sobre seu consumo nas dietas, contudo os consumos de Ca e P não foram influenciados.

O consumo de matéria seca digestível e matéria orgânica digestível não foram influenciados pelos tratamentos avaliados, o mesmo foi observado para o consumo de todos os nutrientes (Tabela 09). Contudo, o consumo de extrato etéreo digestível elevou-se linearmente ($P = 0,02$) à medida que a CC foi adicionada à dieta, corroborando com o resultado obtido para consumo total deste nutriente. Os resultados demonstram que o consumo de nutrientes digestíveis não foi influenciado pela adição de teores crescentes de lipídeos, vindos da CC, à dieta.

Tabela 09. Consumo diário de matéria seca, matéria orgânica e nutrientes digestíveis de vacas em lactação com diferentes proporções de castanha de caju na dieta

| Nutrientes ² | Dietas ¹ | | | | EPM ³ | Contrastes ⁴ | |
|-------------------------|---------------------|-------|-------|-------|------------------|-------------------------|------|
| | T00 | T08 | T16 | T24 | | L | Q |
| MSD, kg | 13,55 | 12,86 | 13,78 | 13,27 | 0,41 | 0,93 | 0,92 |
| MOD, kg | 13,26 | 12,89 | 13,45 | 12,95 | 0,38 | 0,96 | 0,93 |
| PBD, kg | 2,14 | 2,01 | 2,16 | 1,74 | 0,09 | 0,71 | 0,45 |
| EED, kg | 0,50 | 0,73 | 1,20 | 1,19 | 0,05 | 0,02 | 0,30 |
| CNFD, kg | 5,55 | 5,15 | 4,87 | 5,32 | 0,14 | 0,11 | 0,14 |
| FDND, kg | 5,07 | 4,88 | 5,22 | 4,70 | 0,21 | 0,79 | 0,69 |
| FDAD, kg | 3,42 | 2,36 | 3,46 | 2,51 | 0,15 | 0,66 | 0,88 |

¹T00: Dieta sem CC; T08: Dieta com 8% de CC na porção concentrada; T16: Dieta com 16% de CC na porção concentrada; T24: Dieta com 24% de CC na porção concentrada.

²MSD: Matéria seca digestível; MOD: Matéria orgânica digestível; PBD: Proteína bruta digestível; EED: Extrato etéreo digestível; CNFD: Carboidratos não fibrosos digestíveis; FDND: Fibra em detergente neutro digestível; FDAD: Fibra em detergente ácido digestível.

³EPM: Erro padrão da média.

⁴Valor de P: L = Efeito linear; Q = Efeito quadrático.

Os coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca, matéria orgânica e dos nutrientes estão apresentados na Tabela 10. Os coeficientes de digestibilidade da matéria

seca, da matéria orgânica e dos nutrientes apresentaram variações que não foram relacionadas ao aumento no teor de lipídeos das dietas com a inclusão de CC.

Tabela 10. Coeficientes de digestibilidade aparente (%) da matéria seca, matéria orgânica e nutrientes de vacas em lactação com diferentes proporções de castanha de caju na dieta

| Nutrientes ² | Dietas ¹ | | | | EPM ³ | Contrastes ⁴ | |
|-------------------------|---------------------|-------|-------|-------|------------------|-------------------------|------|
| | T00 | T08 | T16 | T24 | | L | Q |
| MS | 63,13 | 60,21 | 67,39 | 61,12 | 1,84 | 0,66 | 0,66 |
| MO | 65,33 | 63,32 | 69,29 | 63,43 | 1,69 | 0,60 | 0,58 |
| PB | 61,59 | 54,79 | 64,79 | 53,43 | 2,38 | 0,81 | 0,66 |
| EE | 70,35 | 68,38 | 77,66 | 69,64 | 2,94 | 0,58 | 0,62 |
| CNF | 86,00 | 86,97 | 87,86 | 90,45 | 0,77 | 0,93 | 0,60 |
| FDN | 53,29 | 49,97 | 57,86 | 48,35 | 2,21 | 0,59 | 0,51 |
| FDA | 54,11 | 41,37 | 59,09 | 47,83 | 2,70 | 0,90 | 0,90 |

¹T00: Dieta sem CC; T08: Dieta com 8% de CC na porção concentrada; T16: Dieta com 16% de CC na porção concentrada; T24: Dieta com 24% de CC na porção concentrada.

²MS: Matéria seca; MO: Matéria orgânica; PB: Proteína bruta; EE: Extrato etéreo; CNF: Carboidratos não fibrosos; FDN: Fibra em detergente neutro; FDA: Fibra em detergente ácido.

³EPM: Erro padrão da média.

⁴Valor de P: L = Efeito linear; Q = Efeito quadrático.

A digestibilidade do extrato etéreo não foi diferente entre as dietas, com média de 71,51%. De acordo com o NRC (2001), a digestibilidade dos ácidos graxos, componentes do extrato etéreo, pode ser influenciada pelo consumo de matéria seca,

pela quantidade de gordura consumida e pelas características da gordura na dieta basal e na gordura suplementar. O grau de insaturação é, possivelmente, a característica que mais influi sobre a digestão de lipídeos (Grummer, 1995, citado pelo NRC, 2001).

Portanto, a fonte ideal de gordura para vacas em lactação seria aquela que não interferisse na digestibilidade dos demais nutrientes, apresentando elevada digestibilidade intestinal. A CC apesar de apresentar 78,7% de ácidos graxos insaturados, não afetou a digestibilidade dos nutrientes, possivelmente, o ácido oléico (57,4% dos ácidos graxos totais) não interfira tanto no ambiente ruminal.

Nörnberg et al. (2004) não encontraram diferenças entre os coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca, matéria orgânica, proteína bruta, fibra em detergente neutro e carboidratos não-fibrosos ao utilizarem farelo de arroz mais óleo de arroz como fonte de suplementação lipídica de vacas Jersey, com um total de 5,63% de gordura bruta na MS. Da mesma forma, Oliveira (2005), avaliando a inclusão

de soja extrusada na dieta de vacas em lactação, obteve médias de 69,08; 70,88 e 53,51%, respectivamente, para os coeficientes de digestibilidade da MS, MO e FDN em dietas com aproximadamente 6,4% de extrato etéreo.

O consumo de energia bruta, digestível, metabolizável e, ainda, os teores de energia metabolizável e energia líquida para lactação não foram influenciados pela suplementação lipídica, de acordo com os dados apresentados na Tabela 11. Diferindo do obtido no presente estudo, Harvantine e Allen (2006b) observaram redução no consumo de energia digestível com a suplementação lipídica (78,0 vs. 70,1Mcal/dia), tendendo a decrescer linearmente com a adição de gordura insaturada (P=0,06).

Tabela 11. Consumo de energia bruta (CEB), digestível (CED), metabolizável (CEM) e líquida para lactação (CEL_L) e teores de EM e EL_L de vacas em lactação com diferentes proporções de castanha de caju na dieta

| Variáveis | Dietas ¹ | | | | EPM ² | Contrastes ³ | |
|--|---------------------|-------|-------|-------|------------------|-------------------------|------|
| | T00 | T08 | T16 | T24 | | L | Q |
| CEB, Mcal/dia | 86,84 | 89,97 | 86,17 | 86,84 | 1,97 | 0,84 | 0,66 |
| CED, Mcal/dia | 54,71 | 54,16 | 57,30 | 56,16 | 1,83 | 0,84 | 0,94 |
| CEM, Mcal/dia | 51,27 | 50,63 | 53,67 | 52,55 | 1,74 | 0,85 | 0,94 |
| Teores de EM, Mcal/kgMS | 2,39 | 2,37 | 2,62 | 2,41 | 0,07 | 0,46 | 0,53 |
| Teores de EL _L , Mcal/kgMS ⁴ | 1,49 | 1,48 | 1,67 | 1,52 | 0,05 | 0,43 | 0,52 |

¹T00: Dieta sem CC; T08: Dieta com 8% de CC na porção concentrada; T16: Dieta com 16% de CC na porção concentrada; T24: Dieta com 24% de CC na porção concentrada.

²EPM: Erro padrão da média.

³Valor de P: L = Efeito linear; Q = Efeito quadrático.

⁴Segundo o NRC (2001): $EL_L \text{ (Mcal/kg)} = 0,703 \times EM - 0,19 + \{[(0,097 \times EM + 0,19)/97] \times (EE - 3)\}$.

Os valores de energia líquida para lactação obtidos em todos os tratamentos (com média de 1,54Mcal/kgMS) foram superiores ao valor de 1,37Mcal/kgMS recomendado pelo NRC (2001) para vacas de grande porte com produções de leite próximas às observadas para os animais utilizados nesta pesquisa.

A Tabela 12 apresenta os dados obtidos com comportamento ingestivo dos animais consumindo castanha de caju na dieta. O tempo despendido com ingestão de matéria seca (min/dia) apresentou padrão decrescente com a inclusão da castanha de caju na dieta. Como não foi observada alteração na quantidade de matéria seca consumida, esta redução no tempo de

ingestão pode ser devido ao aumento na palatabilidade das dietas devido à adição de CC. A inclusão de CC apresentou comportamento quadrático ($P < 0,01$) sobre essa variável, indicando que o tempo de ingestão da dieta com 8% de CC no concentrado diminuiu, em relação à dieta controle (T00), decrescendo ainda mais na dieta T16 e posteriormente aumentando na dieta com inclusão máxima do subproduto.

Observou-se diminuição no tempo gasto com ócio concomitantemente ao aumento na

atividade mastigatória. O tempo de ruminação tendeu a comportar-se da mesma forma que o tempo despendido com ingestão ($P = 0,05$).

O tempo despendido com ingestão de água não foi influenciado pela inclusão de CC nas dietas experimentais. Em média, as vacas gastaram 1,61 minuto bebendo água por quilograma de MS ingerida. Este valor foi maior que o encontrado por Oliveira (2005; 1,25min/kg de MS) trabalhando com animais com produção média de 25,5kg de leite.

Tabela 12. Comportamento ingestivo de vacas em lactação com diferentes proporções de castanha de caju na dieta

| Variáveis | Dietas ¹ | | | | EPM ² | Contrastes ³ | |
|--------------------------------|---------------------|-------|-------|-------|------------------|-------------------------|-------|
| | T00 | T08 | T16 | T24 | | L | Q |
| Ingestão, min/dia | 285,9 | 253,9 | 209,6 | 246,2 | 3,93 | <0,01 | <0,01 |
| Ócio, min/dia | 596,3 | 626,6 | 666,0 | 569,5 | 8,26 | 0,01 | <0,01 |
| Ruminação, min/dia | 526,4 | 515,5 | 535,4 | 591,2 | 10,18 | 0,27 | 0,05 |
| Bebendo água, min/dia | 31,4 | 44,0 | 29,0 | 33,1 | 3,12 | 0,60 | 0,52 |
| Atividade mastigatória min/dia | 812,3 | 769,4 | 744,9 | 837,4 | 9,31 | <0,01 | <0,01 |
| <i>Ingestão</i> | | | | | | | |
| Minutos/kg MS | 13,6 | 12,2 | 10,2 | 11,8 | 0,34 | 0,01 | 0,05 |
| Minutos/kg FDN | 29,9 | 27,1 | 23,2 | 26,8 | 0,84 | 0,03 | 0,07 |
| <i>Ruminação</i> | | | | | | | |
| Minutos/kg MS | 24,8 | 24,12 | 26,1 | 28,0 | 0,63 | 0,72 | 0,33 |
| Minutos/kg FDN | 54,8 | 53,0 | 59,3 | 63,9 | 1,61 | 0,78 | 0,33 |
| <i>Atividade mastigatória</i> | | | | | | | |
| Minutos/kg MS | 38,3 | 36,3 | 36,4 | 39,8 | 0,89 | 0,20 | 0,14 |
| Minutos/kg FDN | 84,7 | 80,0 | 82,5 | 90,7 | 2,23 | 0,29 | 0,16 |

¹T00: Dieta sem CC; T08: Dieta com 8% de CC na porção concentrada; T16: Dieta com 16% de CC na porção concentrada; T24: Dieta com 24% de CC na porção concentrada.

²EPM: Erro padrão da média.

³Valor de P: L = Efeito linear; Q = Efeito quadrático.

O tempo gasto com atividade mastigatória apresentou padrão quadrático em relação à dieta controle, decrescendo na dieta T08 e T16, mas aumentando na dieta com maior proporção de CC. Embora tenham sido observadas reduções na ingestão de matéria seca na dieta T16 (209,6min/dia) e T24 (246,2min/dia) em relação à dieta T00 (285,9min/dia), o tempo despendido com ruminação possibilitou que a atividade

mastigatória não fosse influenciada negativamente pela suplementação lipídica.

Os animais que receberam dieta com 16% de CC no concentrado utilizaram menor tempo por quilograma de matéria seca e FDN ingerida em relação à dieta controle, provavelmente, devido às diferenças no tempo total gasto com atividade de consumo quando comparadas aos demais tratamentos. Houve efeito linear ($P = 0,01$ e $P = 0,03$) da

proporção de lipídeos na dieta sobre o tempo de ingestão (min/kgMS e min/kgFDN).

O tempo gasto com ruminação e atividade mastigatória, por quilograma de matéria seca e FDN consumido, não apresentou variação entre as dietas avaliadas.

Os resultados da análise de regressão mostram comportamento quadrático dos

dados de ruminação em minutos por dia e na atividade mastigatória em minutos por quilograma de FDN ingerido, considerando os coeficientes de determinação e níveis de significância correspondentes, conforme a Tabela 13, onde Y é igual à variável em estudo e X corresponde ao nível de inclusão do subproduto ao concentrado (%).

Tabela 13. Equações de regressão, seus respectivos coeficientes de determinação (r^2) e níveis de significância (P) para o comportamento ingestivo de vacas em lactação com diferentes proporções de castanha de caju na dieta

| Variável | Equação quadrática | r^2 | P |
|--------------------------|--------------------------------|-------|------|
| Ruminação, min/dia | $Y = 526,63 - 3,57X + 0,26X^2$ | 0,99 | 0,02 |
| Ativ Mast Min/kg FDN ing | $Y = 84,63 - 0,96X + 0,05X^2$ | 0,99 | 0,04 |

Oliveira (2005) encontrou redução no tempo de ingestão de alimento (de 221,6 para 196,2min/dia) e manutenção do tempo despendido com ruminação e ingestão de água com o aumento no teor de lipídeos na dieta. Ainda em concordância com os resultados observados nesta pesquisa, o teor de lipídeos (5,5% da MS da dieta) utilizado por este autor não influenciou o tempo gasto para ruminação e atividade mastigatória por quilograma de matéria seca e FDN consumido ($P > 0,05$).

Segundo Harvatine e Allen (2006b), embora muitos experimentos tenham observado o consumo diário de matéria seca, poucos descrevem o comportamento ingestivo e mastigatório. Esses pesquisadores, avaliando a suplementação lipídica e seus diferentes tipos, não observaram efeitos das dietas sobre o tempo despendido com consumo (média de 253,25min/dia), no entanto a gordura saturada aumentou linearmente o tempo de ruminação em relação à dieta controle e com lipídeos insaturados, tendo elevado o período de ruminação em até 56min/dia. Este aumento, de acordo com estes autores, parece ter sido causado pelo elevado fluxo de gordura saturada para o

duodeno. A suplementação com gordura, neste experimento, reduziu o consumo de água, presumidamente devido ao decréscimo na ingestão de matéria orgânica digestível no rúmen. A interação do tipo de lipídeo, ruminação e comportamento ingestivo com o consumo de líquido ainda não é compreendida.

Salla et al (2003) adicionando diferentes tipos de suplementos lipídicos à dieta de vacas em lactação, constataram que os tratamentos não promoveram efeito sobre as características do comportamento alimentar, o que parcialmente deveu-se à ausência de diferenças significativas no consumo de matéria seca e FDN destas dietas. No trabalho citado, os teores de ácidos graxos na matéria seca das dietas foram 3,67; 5,92; 6,70 e 6,29%, respectivamente para as dietas controle, sebo, gordura protegida e grão de soja. Esses valores, embora sendo superiores ao usualmente recomendados (em torno de 5%), aparentemente, segundo os pesquisadores, não exerceram efeito negativo pronunciado sobre a digestibilidade do volumoso e, conseqüentemente, sobre o consumo voluntário. Os valores dos tempos médios de ingestão, ruminação e descanso

gastos pelas vacas que recebiam estas dietas foram, respectivamente, 370, 467 e 604 minutos por dia.

As taxas de passagem ruminal e intestinal e tempos de reciclagem da fase líquida estimados são apresentadas na Tabela 14. A

taxa de passagem se refere ao fluxo de resíduos não digeridos através do trato gastro-intestinal, o qual no rúmen inclui bactérias e partículas alimentares potencialmente digestíveis em adição à fibra lignificada indisponível (Van Soest, 1994).

Tabela 14. Taxas de passagem ruminal e intestinal da dieta e tempos de trânsito e reciclagem da fase líquida estimados pelo cobalto EDTA nas fezes de vacas leiteiras com diferentes proporções de castanha de caju na dieta

| Variáveis ² | Dietas ¹ | | | |
|------------------------|---------------------|-------|-------|------|
| | T00 | T08 | T16 | T24 |
| k1, %/h | 9,6 | 9,0 | 9,1 | 10,5 |
| k2, %/h | 10,9 | 10,0 | 10,1 | 14,9 |
| TT, h | 8,35 | 6,74 | 6,89 | 7,34 |
| R ² , | 0,81 | 0,75 | 0,81 | 0,85 |
| TR, h | 10,40 | 11,10 | 11,00 | 9,50 |

¹T00: Dieta sem CC; T08: Dieta com 8% de CC na porção concentrada; T16: Dieta com 16% de CC na porção concentrada; T24: Dieta com 24% de CC na porção concentrada.

²k1: Taxa de passagem no rúmen; k2: Taxa de passagem no ceco e cólon proximal; TT: Tempo de trânsito; TR: Tempo de reciclagem.

Embora não tenham sido realizadas análises estatísticas para esta variável, foram observadas taxas de passagem ruminal semelhantes entre as dietas, com T24 apresentando maior valor (10,5%/h). Para a taxa de passagem no ceco e cólon proximal, a diferença numérica para a dieta T24 foi bem mais acentuada que para as demais, apresentando diferença de 4,9%/h em relação a T08.

O tempo de trânsito foi 6,74; 6,89 e 7,34 horas, respectivamente para T08, T16 e T24, enquanto para a dieta controle foi de 8,35 horas. O coeficiente de determinação (R²) variou de 0,71 a 0,85 entre as dietas, indicando que o modelo se ajustou bem aos dados.

As dietas apresentaram tempos de reciclagem de 10,40; 11,10; 11,00 e 9,50 horas, para T00, T08, T16 e T24, respectivamente. A proximidade entre os valores, possivelmente, pode demonstrar que

a inclusão de lipídeos na dieta não influenciou este parâmetro.

Isaac et al. (1975), citado por Berchielli et al. (1996), demonstraram que elevações na taxa de remoção da fase líquida aumentam a quantidade de proteína microbiana sintetizada por unidade de carboidrato fermentado pelos microrganismos ruminais, afirmaram ainda que, presumidamente, a eficiência de síntese de proteína microbiana é aumentada por causa da diminuição das exigências de manutenção das bactérias com maiores taxas de reciclagem da fase líquida.

Foi observada redução na taxa de passagem ruminal da fase sólida da digesta com a inclusão de CC na dieta (Tabela 15), contudo não se pode afirmar se esta diferença foi significativa devido à ausência de análise estatística para estes dados. A taxa de passagem no trato intestinal apresentou aumento nos dois maiores níveis de inclusão do subproduto (6,2 e 6,4%/h, para T16 e T24, respectivamente). É possível inferir que o tempo de trânsito foi

reduzindo à medida que o teor de lipídeos nas dietas aumentava, com valores de

16,40h para T00 e 9,59h para T24.

Tabela 15. Taxas de passagem ruminal e intestinal e tempos de retenção da fase sólida estimados pelo cromo mordante nas fezes de vacas leiteiras com diferentes proporções de castanha de caju na dieta

| Variáveis ² | Dietas ¹ | | | |
|------------------------|---------------------|-------|-------|-------|
| | T00 | T08 | T16 | T24 |
| k1, %/h | 3,2 | 2,9 | 2,4 | 2,4 |
| k2, %/h | 4,6 | 4,6 | 6,2 | 6,4 |
| TT, h | 16,40 | 15,91 | 10,6 | 9,59 |
| R ² | 0,75 | 0,79 | 0,76 | 0,75 |
| TRR, h | 31,45 | 34,48 | 42,17 | 42,46 |
| TRPÓS, h | 21,55 | 21,77 | 16,24 | 15,64 |
| TMR, h | 69,40 | 72,16 | 68,48 | 67,69 |

¹T00: Dieta sem CC; T08: Dieta com 8% de CC na porção concentrada; T16: Dieta com 16% de CC na porção concentrada; T24: Dieta com 24% de CC na porção concentrada.

²k1: Taxa de passagem no rúmen; k2: Taxa de passagem no ceco e cólon proximal; TT: Tempo de trânsito; TRR: Tempo médio de retenção no rúmen; TRPÓS: Tempo médio de retenção pós-rúmen; TMR: Tempo médio de retenção no trato gastro-intestinal.

O tempo médio de retenção ruminal aumentou numericamente com a inclusão de lipídeos às dietas, sendo 31,45h para T00; 34,48h para T08; 42,17h para T16 e 42,46h para T24. No entanto, o tempo médio de retenção pós-ruminal diminuiu nos tratamentos com maiores proporções de castanha de caju (16,24 e 15,64 horas para T16 e T24) em relação aos demais tratamentos (21,55 e 21,77 horas para T00 e T08, respectivamente).

A dieta com 8% de CC na porção concentrada apresentou tempo de retenção no trato gastro-intestinal de 72,16 horas, seguida pela dieta T00 (69,40 horas), T08 (68,48 horas) e T24 (67,69 horas), consecutivamente.

As taxas de passagem no rúmen foram inferiores àquelas encontradas por Rabello et al. (1996), os quais obtiveram variação de taxa de passagem entre 4,6 e 5,3%/h, utilizando grão de soja moído na dieta de vacas em lactação. Villela et al. (1997) não observaram influência da inclusão de proporções crescentes de caroço de algodão no concentrado de vacas em lactação sobre

as taxas de passagem, encontrando variação nas taxas de passagem de 4,2 a 5,6%/h.

Apesar da baixa taxa de passagem da fase sólida da digesta no rúmen obtida na presente pesquisa, o consumo de matéria seca dos animais experimentais não foi influenciado.

Os parâmetros de degradação ruminal da matéria seca, matéria orgânica e proteína bruta do subproduto da castanha de caju, dos concentrados contendo diferentes proporções de CC e da silagem de milho estão apresentados na Tabela 16. A CC apresentou 58,26; 60,05 e 43,46%, respectivamente, para as frações solúveis da MS, MO e PB. A fração solúvel dos concentrados variou de 23,74 a 32,98% para MS; de 22,31 a 32,66% para MO e de 15,42 a 25,69% para PB. Observou-se aumento na fração solúvel dos concentrados à medida que o CC foi adicionado, devido à elevada solubilidade deste alimento. Houve ligeira redução na fração solúvel da PB no concentrado T24, em relação ao T08 e T16, contudo ainda bastante superior ao concentrado sem inclusão do subproduto.

Tabela 16. Parâmetros de degradação ruminal da matéria seca (MS), matéria orgânica (MO) e proteína bruta (PB) da castanha de caju (CC), dos concentrados contendo diferentes proporções de castanha de caju e da silagem de milho (SM)

| <u>MS</u> | | | | | | |
|---------------------------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|
| Concentrados ¹ | | | | | | |
| | CC | C00 | C08 | C16 | C24 | SM |
| A, % ² | 58,26 | 23,74 | 28,38 | 28,78 | 32,98 | 41,89 |
| B, % ³ | 33,80 | 75,28 | 70,04 | 68,33 | 63,62 | 38,82 |
| C, %/h ⁴ | 11,30 | 7,30 | 7,40 | 8,30 | 7,50 | 2,50 |
| S, % ⁵ | 92,06 | 99,02 | 98,42 | 97,11 | 96,60 | 80,71 |
| <u>MO</u> | | | | | | |
| Concentrados ¹ | | | | | | |
| | CC | C00 | C08 | C16 | C24 | SM |
| A, % ² | 60,05 | 22,31 | 28,64 | 27,22 | 32,66 | 42,38 |
| B, % ³ | 32,67 | 76,24 | 69,86 | 70,33 | 63,73 | 38,52 |
| C, %/h ⁴ | 10,90 | 7,60 | 7,30 | 8,20 | 7,70 | 2,50 |
| S, % ⁵ | 92,72 | 98,55 | 98,50 | 97,55 | 96,39 | 80,90 |
| <u>PB</u> | | | | | | |
| Concentrados ¹ | | | | | | |
| | CC | C00 | C08 | C16 | C24 | SM |
| A, % ² | 43,46 | 15,21 | 24,88 | 25,69 | 23,38 | 56,81 |
| B, % ³ | 49,96 | 84,79 | 74,85 | 74,08 | 73,93 | 24,95 |
| C, %/h ⁴ | 14,70 | 8,20 | 8,90 | 8,60 | 10,10 | 4,60 |
| S, % ⁵ | 93,42 | 100,00 | 99,73 | 99,77 | 97,31 | 81,76 |

¹Concentrados: C00: Sem CC; C08: 8% de CC; C16: 16% de CC e C24: 24% de CC.

²A: Fração solúvel; ³B: Fração insolúvel potencialmente degradável; ⁴C: Taxas de degradação;

⁵S: Potencial de degradação = A+B.

Provavelmente, o menor valor da fração potencialmente degradável (B) da CC fez com que, ao ser incluído nos concentrados, esta fração fosse reduzida gradualmente. Os concentrados apresentaram potencial de degradação acima de 92% para todas as variáveis analisadas. O valor de 100% para degradação da PB no concentrado T00 demonstra que este alimento precisa ser fornecido com carboidratos solúveis para melhor aproveitamento pelos microrganismos ruminais. De outra forma, haverá perda de PB no rúmen na forma de amônia.

A proteína bruta da CC pode ser caracterizada como de alta taxa de degradação, pois em, aproximadamente, sete horas, 100% pode ser degradada. A extensão com que a proteína é degradada no rúmen pode consistir em importante parâmetro para determinação do fornecimento de nitrogênio

para os microrganismos e da quantidade de aminoácidos passíveis de serem absorvidos no intestino (Pereira et al., 2000). Foi observado por Campos (2005) que o caroço de algodão, alimento rico em ácido graxo, apresentou potencial de degradação da MS e PB de 64,2 e 96,4%, respectivamente, enquanto na presente pesquisa a CC demonstrou valores respectivos, para estas variáveis, de 92,06 e 93,42%.

As taxas de degradação (C, %/h) da castanha de caju foram 11,30; 10,90 e 14,70%/h, respectivamente, para MS, MO e PB. Campos (2005) encontrou para o caroço de algodão, valores de 6,85%/h para MS e 14,45%/h para PB.

Para os concentrados, os valores de taxa de degradação da matéria seca e da matéria orgânica foram próximos, com discreto aumento no concentrado com 16% de adição

de CC. Para as taxas de degradação da PB dos concentrados, os valores apresentaram aumento com a inclusão de CC, com o concentrado com 24% de castanha apresentando maior resultado (10,10%/h). Broderick et al. (1988) atentaram para o fato de que em estudos de degradabilidade ruminal *in situ*, as taxas de degradação da PB sofrem grande influência da fração solúvel, devido ao carreamento de boa parte da proteína rapidamente degradável, permanecendo nos saquinhos apenas as frações de degradação mais lenta. A silagem de milho apresentou fração solúvel maior que a fração potencialmente degradável para todas as variáveis analisadas, o que pode indicar elevada concentração de amido na amostra incubada, já que o amido da silagem de milho apresenta elevado desaparecimento (Zeoula et al., 1999). Para a degradação ruminal da MS da silagem de milho foram observados valores de 41,89 e 38,82% para a

fração solúvel e potencialmente degradável, para MO os respectivos valores foram 42,38 e 38,52%, enquanto para a PB foram obtidos valores de degradação de 56,81 e 24,95%, respectivamente para as frações A e B. As taxas de degradação, respectivamente, para MS, MO e PB da silagem de milho foram 2,5; 2,5 e 4,6%/h. O potencial de degradação da silagem de milho foi de 80,71; 80,90 e 81,76%, respectivamente para MS, MO e PB. Os valores encontrados foram superiores aos relatados por Campos (2005) para MS e PB, respectivamente, 68,7 e 71,4%.

As degradabilidades efetivas dos alimentos estimadas pelas taxas e passagem 2, 5 e 8%/h e ainda, aquela calculada a partir da taxa de passagem obtida no experimento com taxa de passagem da fase sólida (Tabela 15) estão apresentadas na Tabela 17.

Tabela 17. Degradabilidades efetivas (% DE) da matéria seca (MS), matéria orgânica (MO) e proteína bruta (PB) da castanha de caju (CC), dos concentrados e da silagem de milho (SM) contendo diferentes proporções de castanha de caju simuladas em quatro taxas de passagem

| | Taxa de Passagem (%/h) | | | |
|------------------|------------------------|------|------|-------------------------|
| | 2%/h | 5%/h | 8%/h | Verdadeira ¹ |
| <u>MS</u> | | | | |
| CC | 87,0 | 81,7 | 78,0 | 85,5 |
| T00 ² | 82,8 | 68,3 | 59,6 | 76,1 |
| T08 ² | 83,5 | 70,1 | 62,0 | 78,7 |
| T16 ² | 83,8 | 71,4 | 63,5 | 81,9 |
| T24 ² | 83,1 | 71,1 | 63,7 | 81,3 |
| SM | 63,4 | 54,8 | 51,1 | 60,5 |
| <u>MO</u> | | | | |
| CC | 87,6 | 82,4 | 78,9 | 86,2 |
| T00 ² | 82,7 | 68,3 | 59,5 | 76,1 |
| T08 ² | 83,5 | 70,2 | 62,0 | 78,7 |
| T16 ² | 83,8 | 71,0 | 62,9 | 81,9 |
| T24 ² | 83,2 | 71,3 | 63,9 | 81,4 |
| SM | 63,7 | 55,2 | 51,5 | 66,8 |
| <u>PB</u> | | | | |
| CC | 87,4 | 80,8 | 75,8 | 85,7 |
| T00 ² | 84,5 | 68,8 | 58,9 | 77,4 |
| T08 ² | 86,0 | 72,8 | 64,3 | 81,3 |
| T16 ² | 85,8 | 72,6 | 64,1 | 83,8 |
| T24 ² | 85,1 | 72,8 | 64,6 | 83,3 |
| SM | 74,2 | 68,8 | 65,9 | 72,5 |

¹Verdadeira: Calculada a partir das taxas de passagem apresentadas na Tabela 15.

²Concentrados: T00: Sem CC; T08: 8% de CC; T16: 16% de CC e T24: 24% de CC.

Os valores de degradabilidade efetiva obtidos com as taxas de passagem verdadeiras foram mais próximos dos observados com a taxa de passagem estimada de 2%/h, demonstrando que a degradabilidade ruminal dos alimentos está relacionada à baixa taxa de passagem, ou seja, a um maior tempo de retenção no rúmen.

As degradabilidades efetivas verdadeiras da MS, MO e PB da CC apresentaram valores aproximados. Para os concentrados experimentais, aquele sem inclusão do subproduto apresentou menor DE verdadeira em relação aos demais, para todas as variáveis.

A silagem de milho apresentou DE, para MS e PB, de 63,4 e 74,2%, respectivamente, considerando a taxa de 2%/h. Estes valores foram próximos aos 58,6 e 72,6% obtidos por Campos (2005) para MS e PB, respectivamente.

A CC apresentou degradabilidade máxima em menos tempo que os concentrados, atingindo seu potencial máximo aproximadamente às 24 horas, enquanto os concentrados precisaram de mais tempo.

As Figuras 05, 06 e 07 apresentam a degradabilidade potencial da matéria seca, matéria orgânica e proteína bruta dos concentrados experimentais e da castanha de caju.

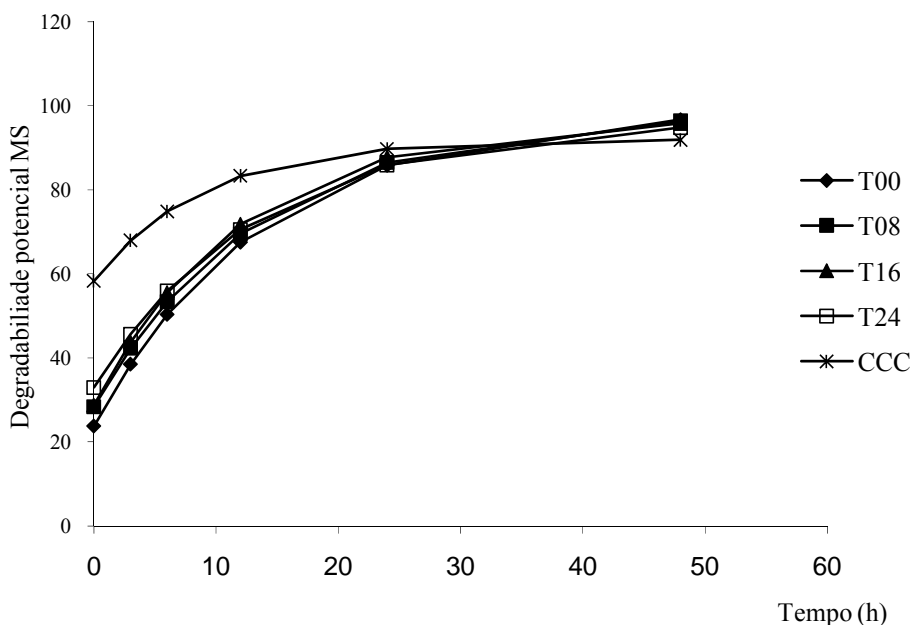


Figura 05. Degradabilidade potencial da matéria seca da castanha de caju e dos concentrados contendo diferentes proporções de castanha de caju.

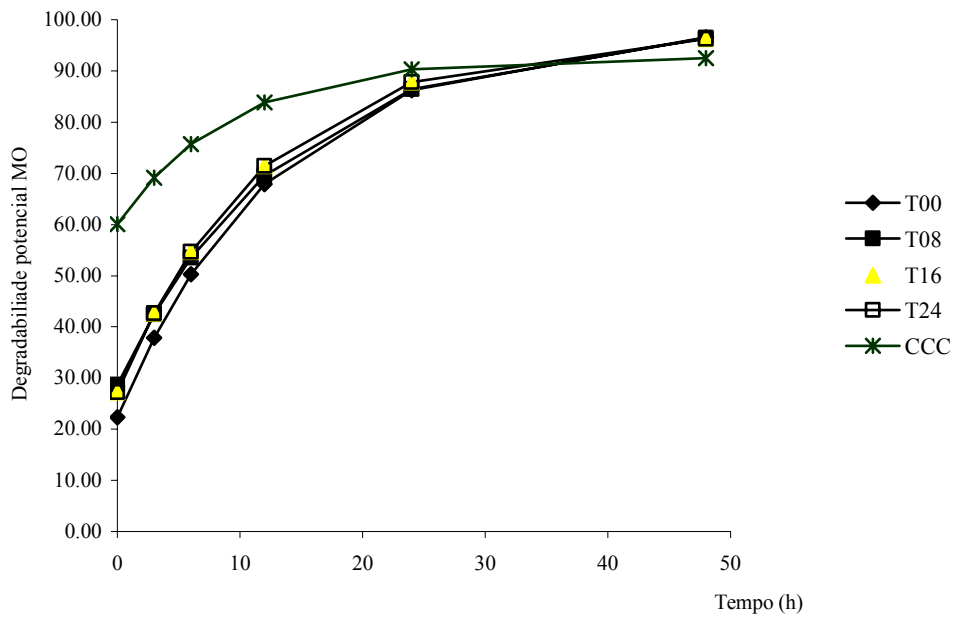


Figura 06. Degradabilidade potencial da matéria orgânica da castanha de caju e dos concentrados contendo diferentes proporções de castanha de caju.

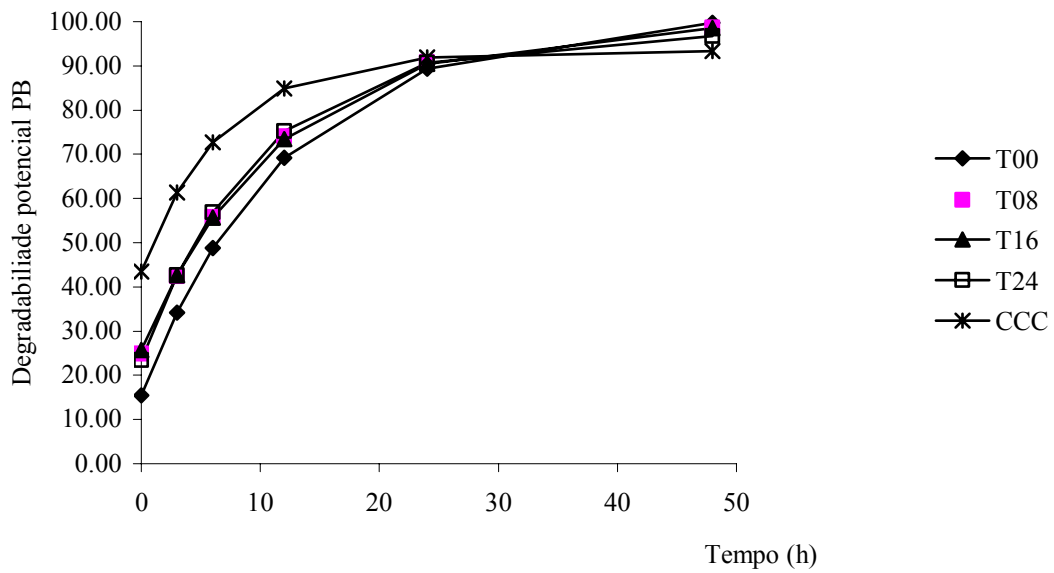


Figura 07. Degradabilidade potencial da proteína bruta da castanha de caju e dos concentrados contendo diferentes proporções de castanha de caju.

A Figura 08 apresenta a degradabilidade potencial da matéria seca, matéria orgânica e

proteína bruta da silagem de milho fornecida aos animais experimentais.

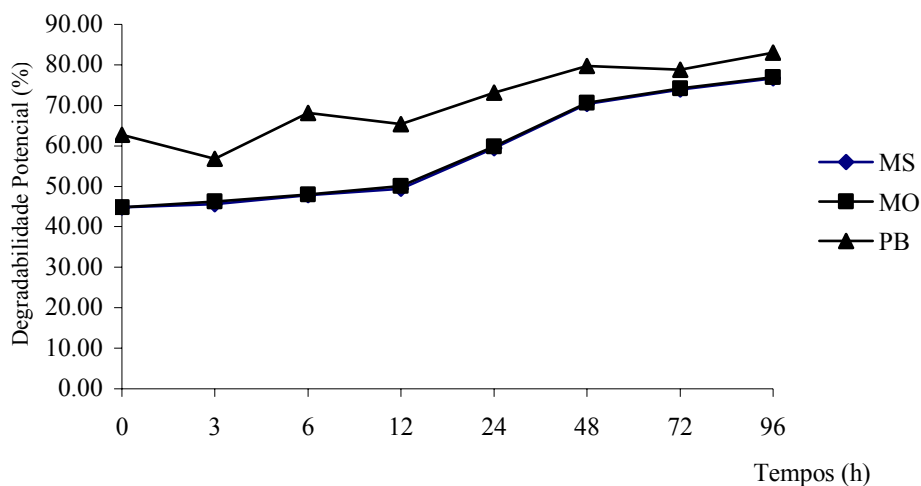


Figura 08. Degradabilidade potencial da matéria seca, matéria orgânica e proteína bruta da silagem de milho.

2.4 Conclusões

A maior proporção de castanha de caju adicionada à porção concentrada (24%) proporcionou teor de extrato etéreo de 7,31% à dieta sem influenciar o consumo, a digestibilidade aparente e o comportamento ingestivo, podendo ser utilizada como fonte alternativa de gordura e proteína na dieta de vacas em lactação.

A castanha de caju constitui alternativa potencial para inclusão na dieta de vacas leiteiras, pela elevada disponibilidade de proteína e gordura.

A inclusão de CC à dieta das vacas em lactação não apresentou efeitos negativos sobre o comportamento ingestivo desses animais.

2.5 Referências Bibliográficas

- BLAXTER, K.L.; CLAPPERTON, J.L. Prediction of the amount of methane produced by ruminants. *Br. J. Nutr.* v. 9, p. 511-522, 1965.
- BERCHIELLI, T.T.; RODRIGUEZ, N.M.; GONÇALVES, L.C. Polietilenoglicol e cobalto-EDTA como marcadores da fase líquida ruminal. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootecn.*, v. 48, n. 4, p. 463-471, 1996.
- BRODERICK, G.A.; WALLACE, R.J.; ORSKOV, E.R. et al. Comparison of estimates of ruminal protein degradation by *in vitro* and *in situ* methods. *J. Anim. Sci.*, v. 66, p. 1739-1745, 1988.
- CAMPOS, W.E. *Avaliação do resíduo industrial de tomate na alimentação de ruminantes*. 2005. 81f. Tese (Doutorado em Ciência Animal) – Escola de Veterinária,

Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG.

CARVALHO, M.P. A vez do leite? In: MARTINS, P.C.; CARVALHO, M.P. (Ed) *A cadeia produtiva do leite em 40 capítulos*. Belo Horizonte, 2005. p. 204.

CHOCRAN, R.C.; ADAMS, D.C.; WALLACE, J.D. et al. Predicting digestibility of different diets with internal markers: evaluation of four potential markers. *J. Anim. Sci.*, v. 63, p. 1476-1483, 1986.

CHURCH, C.D. Los lipídicos en la nutrición de los ruminantes. In: CHURCH, D.C. *El ruminante fisiología digestiva y nutrición*. Zaragoza, Espanha, Ed. Acribia, 1988

CUNNIFF, P. (Ed.) *Official methods of analysis of AOAC International*, 16 th.ed. Arlington : AOAC International, 1995, v.1.

DHANOVA, M.S.; SIDONS, R.C.; FRANCE, J. ET AL. A multicompartimental model to describe marker excretion pattern in ruminant faeces. *Br. J. Nutr.*, v. 53, n. 3, p. 663-671, 1985.

DUARTE, L.M.A.; STUMPF JÚNIOR, W.; FISCHER, V. et al. Efeito de diferentes fontes de gordura na dieta de vacas Jersey sobre o consumo, a produção e a composição do leite. *Rev. Bras. Zootec.*, v. 34, n. 6, p. 2020-2028, 2005.

KIMURA, F.T.; MILLER, V.L. Chromic oxide measurement. Improved determination of chromic oxide in cow feeds and feces. *J. Agric. Fd. Chem.*, v. 5, p.216. 1957.

GROVUM, W.L.; WILLIAMS, V.J. Rate of passage of digesta in sheep. 4. Passage of marker through the alimentary tract and the biological relevance of rate-constants derived from the changes in concentration of marker in faeces. *Br. J. Nutr.*, v. 30, n. 2, p. 313-329, 1973.

GRUMMER, R.R.; LUCK, M.L.; BARMORE, J.A. Rumen fermentation and lactation performance of cows fed roasted

soybeans and tallow. *J. Dairy Sci.*, v. 76, n. 9, p. 2674-2681, 1993.

HARVATINE, K.J.; ALLEN, M.S. Effects of fatty acid supplements on feed intake, and feeding and chewing behavior of lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v. 89, n. 3, p. 1104-1112, 2006b.

HARVATINE, K.J.; ALLEN, M.S. Effects of fatty acid supplements on milk yield and energy balance of lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v. 89, n. 3, p. 1081-1091, 2006a.

LAVEZZO, O.E.N.M. Abacaxi, banana, caju, uva, maçã. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 6.,1995, Piracicaba. *Anais...* Piracicaba: 1995. p. 291.

LIMA, M.L.M. Uso de subprodutos da agroindústria na alimentação de bovinos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 42., 2005, Goiânia. *Anais...* Goiânia: 2005. p. 446.

LIRA, V.M.C.; PEREIRA, J.C.; VIEIRA, R.A.M. et al. Avaliação de marcadores e modelos matemáticos para o estudo das cinéticas de trânsito e de degradação ruminal em novilhos mantidos em pastagem de capim-braquiária (*Brachiaria decubens* Stapf.). *Rev. Bras. Zootec.*, v. 35, n. 3, p. 902-913, 2006.

LOUSADA JÚNIOR, J.E; COSTA, J.M.C; NEIVA, J.N.M.; RODRIGUEZ, N.M. Caracterização físico-química de subprodutos obtidos do processamento de frutas tropicais visando seu aproveitamento na alimentação animal. *Rev. Ciênc. Agron.* v.37, n.1, p.70-76, 2006.

MALAFIA, P.A.M.; VALADARES FILHO, S.C.; SILVA, J.F.C. et al. Sebo bovino em rações para vacas em lactação. 1. Consumo dos nutrientes, produção e composição do leite. *Rev. Bras. Zootec.*, v. 25, n. 1, p. 153-163, 1996.

MEHREZ, A.Z.; ORSKOV, E.R. A study of the artificial fibre bag technique for determining the digestibility of feeds in the

- rumen. *J. Agric. Sci.* v. 88, n. 3. p. 645-650, 1977.
- MEN DE SÁ FILHO; MAIA, G.A.; HOLANDA, L.F.F. et al. Composição percentual dos ácidos graxos da fração lipídica da amêndoa da castanha de caju de diferentes clones de caju (*Anacardium occidentale, L.*). *Ciênc. Agron.*, v. 22, n.1/2, p 43-46, 1991.
- MORAIS, J.A.S.; OLIVEIRA, S.G.; TOROVELÁSQUEZ, P.A; et al. Avaliação de metodologias na determinação de indicadores internos para estimar o fluxo da digesta duodenal e a produção fecal em bovinos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 42, 2005, Goiânia-Go. *Anais...* Goiânia: SBZ, 2005. (CD-ROM).
- NOCEK, J. In situ and other methods to estimate ruminal protein and energy digestibility: a review. *J. Dairy. Sci.*, v. 71, n. 8, p. 2051-2069, 1988.
- NÖRNBERG, J.L.; STUMPF JÚNIOR, W., LÓPEZ, J. et al. Valor do farelo de arroz integral como fonte de gordura na dieta de vacas Jersey na fase inicial de lactação: digestibilidade aparente de nutrientes. *Rev. Bras. Zootec.*, v. 33, n. 6, p. 2412-2421, 2004. (Supl. 3).
- NUTRIENT requirements of dairy cattle - NRC. Washington, DC: National Academy Press, 2001. 381p.
- OLIVEIRA, M.A. *Proporção de forragem e teor de lipídeos na dieta de vacas leiteiras: consumo, produção e composição do leite.* 2005. 54 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG.
- ORSKOV, E. R.; McDONALD, I. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *J. Agric. Sci.*, v. 92, n. 2, p. 499-503, 1979.
- PEREIRA, J.C.; VIEIRA, RA.M.; GONZÁLES, J. et al. Degradabilidade ruminal de alguns subprodutos agroindustriais. *Rev. Bras. Zootec.*, v. 29, n. 3, supl 2, p. 2359-2366, 2000.
- PIMENTEL, P.G. *Consumo de matéria seca e nutrientes, produção de leite e indicadores de estresse térmico de vacas pardo-suíço alimentadas com diferentes níveis de castanha de caju no semi-árido.* 55f. 2002. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE.
- SALLA, L.E.; FISCHER, V.; FERREIRA, E.X. et al. Comportamento ingestivo de vacas Jersey alimentadas com dietas contendo diferentes fontes de gordura nos primeiros 100 dias de lactação. *Rev. Bras. Zootec.*, v. 32, n. 3, p. 683-689, 2003.
- SILVA, R.M.N.; VALADARES, R.F.M.; VALADARES FILHO, S.C. Uréia para vacas em lactação. 1. Consumo, digestibilidade, produção e composição do leite. *Rev. Bras. Zootec.*, v. 30, n. 5, p. 1639-1649, 2001.
- 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. *J. Anim. Sci.*, v. 70, n. 10, p. 3562-3577, 1992.
- SAS Institute Inc. SAS[®]. User Guide: Statistics. Version 5 edition. Cary, NC: SAS Institute Inc., 1985. 956p.
- SAS Institute Inc. SAS[®]. User Guide: Statistics. Version 6.12 edition. Cary, NC: SAS Institute Inc., 1996.
- UDÉN, P.; COLUCCI, P.E.; VAN SOEST, P.J. Investigation of chromium, cerium and cobalt as markers in digesta. Rate of passage studies. *J. Sci. Food. Agric.*, v. 31, p. 625-632, 1980.
- VALADARES FILHO, S.C. Nutrição, avaliação de alimentos e tabelas de composição de alimentos para bovinos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE

- BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37., 2000, Viçosa. *Anais...* Viçosa: SBZ, 2000. p. 352.
- VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.*, v. 74, n. 10, p. 3583-3597, 1991.
- VAN SOEST, P.J. Nutritional ecology of the ruminant. 2 ed. Ithaca: Cornell University, 1994.
- VARGAS, L.H.; LANA, R.P.; JHAM, G.N. et al. Adição de lipídios na ração de vacas leiteiras: parâmetros fermentativos ruminais, produção e composição do leite. *Rev. Bras. Zootec.*, v. 31, n. 1, supl., 522-529, 2002.
- VILLELA, S.D.J.; VALADARES FILHO, S.C.; SILVA, J.F.C. et al. Carvão de algodão para vacas leiteiras. 3. Efeito na eficiência microbiana, concentração de amônia e pH ruminais. *Rev. Bras. Zootec.*, v. 26, n. 1, p. 195-200, 1997.
- VILLELA, S.D.J.; VOLTOLINI, T.V.; PIMENTEL, J.J.O. Formulação de dietas para bovinos leiteiros. In: NEIVA, A.C.G.R.; NEIVA, J.N.M. (Ed) *Do campus para o campo: tecnologias para a produção de leite*. Brasil: Tocantins, 2006. p. 320.
- ZEOULA, L.M.; MARTINS, A.S.; PRADO, I.N. et al. Solubilidade e degradabilidade ruminal do amido de diferentes alimentos. *Rev. Bras. Zootec.*, v. 28, n. 5, p. 898-905, 1999.
- ZEOULA, L.M.; PRADO, I.N.; DIAN, P.H.M. et al. Recuperação fecal de marcadores internos avaliados em ruminantes. *Rev. Bras. Zootec.*, v. 31, n. 4, p. 1865-1874, 2002.
- WILDMAN, E.E, JONES, G.M., WAGNER, P.E. et al. A dairy cow body condition scoring system and its relationship to selection production characteristics. *J. Dairy Sci.*, v. 65, n. 3, p. 495-501, 1982.

CAPITULO 3

Parâmetros da fermentação ruminal e concentrações de derivados de purina na urina de vacas em lactação com proporções crescentes de castanha de caju na dieta

3.1 Introdução

A alimentação de vacas leiteiras é sempre primeiramente relacionada aos custos de produção, de forma plenamente justificada, já que esta variável representa mais da metade do custo operacional na produção de leite. A importância do arraçamento de bovinos de leite implica diretamente sobre a eficiência produtiva, qualidade do leite, saúde, reprodução e bem-estar dos animais (Faria, 1988). A utilização racional dos resíduos agroindustriais tem consistido em alternativa promissora para diminuição dos custos e manutenção dos níveis de produção de vacas leiteiras (Rodriguez e Guimarães Junior, 2005).

Neste contexto, os resíduos resultantes da industrialização do caju poderão representar alternativa viável para a redução dos custos de produção na atividade leiteira, sobretudo na região Nordeste, onde esta cultura é plenamente adaptada e desenvolvida.

De fato, o Brasil destaca-se como grande produtor mundial de caju, desenvolvendo tecnologias nos setores de produção e industrialização do sistema agroindustrial. Desse modo, o cajueiro tem elevado sua produtividade por área, alongado o período de safra e expandido suas fronteiras de plantio o que tem resultado na elevação do número de pequenas e médias agroindústrias de beneficiamento da castanha, suco e polpa, destacadamente nos estados nordestinos (Rogério, 2005).

A atividade da cajucultura no Nordeste do Brasil origina subprodutos passíveis de utilização na dieta animal, podendo constituir opção viável para melhoria do manejo alimentar do rebanho leiteiro nesta

Região. Dentre estes, se destaca o subproduto da castanha de caju, o qual devido a sua composição química, apresenta-se como um alimento de bom valor nutritivo e baixo custo para a alimentação de vacas de leite (Pimentel, 2002). A adição de castanha de caju como fonte de lipídeos possibilita o incremento energético da dieta, favorece a relação volumoso:concentrado, reduz o risco de acidose ruminal e permite melhor desempenho produtivo e reprodutivo das vacas leiteiras.

O decréscimo no pH ruminal pode afetar negativamente o consumo de matéria seca, a motilidade ruminal, a degradação da fração fibrosa e a produção microbiana, influenciando a saúde do rúmen e, conseqüentemente, do animal. O excesso de nitrogênio não-protéico ou de proteína fermentada é convertido em amônia, a qual é absorvida, convertida em uréia pelo fígado e excretada pela urina. Contudo, o fornecimento de energia pode, através de aumento nos requerimentos do microrganismos para a síntese de proteína microbiana, melhorar o aproveitamento da amônia (Van Soest, 1994). Os ácidos graxos voláteis são os principais produtos finais da fermentação ruminal dos carboidratos realizada pelos microrganismos, sendo os mais importantes o acetato, o propionato e o butirato (Nunes, 1998). Os produtos da fermentação ruminal constituem importantes parâmetros na avaliação das dietas fornecidas aos animais em produção.

O objetivo deste estudo foi avaliar os parâmetros de fermentação ruminal e a concentração de derivados de purinas na urina de vacas leiteiras alimentadas com

teores crescentes de castanha de caju na dieta.

3.2 Material e Métodos

Descrição do Experimento

O local de realização da pesquisa, o manejo dos animais, a definição dos tratamentos avaliados, assim como, a composição nutricional das dietas experimentais estão descritos no capítulo dois deste trabalho.

Para a determinação da concentração de amônia (N-NH₃), pH e concentração dos ácidos graxos voláteis (AGV) acetato, propionato e butirato no líquido ruminal, foram utilizadas quatro vacas holandesas múltiparas fistuladas no rúmen, entre 50 e 74 dias pós-parto, com produção média de 28 ± 4kg de leite/dia, com peso corporal médio de 555kg, dispostas em um delineamento quadrado latino 4x4 com parcelas subdivididas.

As amostras de fluido ruminal foram coletadas manualmente, diretamente da fístula ruminal e filtradas em camada dupla de gaze no 15º dia de cada período experimental. Os tempos de coleta foram imediatamente antes da alimentação (0) e 2, 3, 6, 9 e 12 horas após a alimentação da tarde e da manhã, totalizando 24 horas.

Foi realizada leitura imediata do pH do líquido ruminal utilizando-se um potenciômetro digital de bolso. Amostras de 50mL foram acidificadas em 1mL de ácido sulfúrico a 50% e armazenadas a -20°C para futuras análises de N-NH₃. Outra alíquota de 4mL de líquido ruminal foi conservado em 1mL de ácido metafosfórico (25%), armazenada a -20°C, para posteriores análises de AGV.

Para determinação das concentrações de creatinina, alantoína e ácido úrico foram utilizadas oito vacas holandesas múltiparas, entre 50 a 74 dias pós-parto, com produção

média de 28 ± 4kg de leite/dia, com peso corporal médio de 555kg, dispostas em um delineamento quadrado latino 4x4, duplo.

Durante o 18º dia de cada período experimental, duas amostras de urina (manhã e tarde) foram coletadas manualmente de cada animal por meio de micção espontânea utilizando frascos vazios e limpos. Uma alíquota de 5mL de urina foi diluída em 45mL de uma solução contendo ácido sulfúrico (0,036N) mantendo o pH da amostra abaixo de 3, com o objetivo de impedir a destruição bacteriana dos derivados de purinas e precipitação de ácido úrico. As amostras identificadas foram armazenadas a -20°C para que ao final do experimento fossem submetidas a análises laboratoriais.

Análises Laboratoriais

Todas as análises laboratoriais foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG).

Ao final do experimento, as amostras foram descongeladas à temperatura ambiente, sendo a concentração de N-NH₃ obtida pela destilação com óxido de magnésio, utilizando-se ácido bórico como solução receptora e ácido clorídrico 0,01N na titulação. Os níveis de ácidos graxos voláteis, medidos após a centrifugação do líquido ruminal em centrífuga Sorvall RC-5B – Refrigerated Superspeed Centrifuge (Du Pont Instruments®) a 5000g por 20 minutos a 4°C, foram quantificados com o uso de cromatógrafo de fase gasosa, SHIMADZU®, modelo GC-17A, com autoinjeter Shimadzu CBM-101, acoplado a um microcomputador Pentium 100 com software Class – GC10 versão 1.61. Os AGV foram separados com uma coluna Nukol™ capilar de sílica fundida (10m x 0,25mm x 0,25mm Film Thickness, Sulpelco, Inc., Bellefonte, PA).

Ao final do experimento, as amostras de urina foram descongeladas e homogeneizadas para elaboração de uma amostra composta por vaca por período para quantificação dos derivados de purina e creatinina. A creatinina foi determinada com a utilização de *kits* comerciais (Labtest®), pelo método do ponto final, com uso de picrato e acidificante. As análises de ácido úrico também foram realizadas através do uso de *kits* comerciais (Labtest®), pelo método do ponto final, com uso de uricase e peróxido de hidrogênio. A determinação das concentrações de alantoína seguiu a técnica descrita por Chen e Gomes (1992). Todas as análises citadas foram realizadas pelo método colorimétrico.

Análises Estatísticas

Os resultados foram interpretados estatisticamente por meio de análise de variância, utilizando o PROC GLM do programa SAS (Statistical Analysis System, 1996). Foi realizada análise de contrastes para determinar o comportamento dos valores médios, se lineares ou quadráticos.

Os efeitos da inclusão de castanha de caju sobre pH ruminal, amônia ruminal, acetato ruminal, propionato ruminal, butirato ruminal, AGV totais e relação acetato:propionato no rúmen foram avaliados segundo o modelo estatístico:

$$Y_{ijkl} = \mu + P_i + A_j + T_k + \varepsilon_{ijk} + S_l + TS_{kl} + \alpha_{ijkl}, \text{ onde:}$$

Y_{ijkl} = resposta do animal j , no período i , sob a dieta k , no tempo l ;

μ = média geral;

P_i = efeito do período i ; $i = 1, 2, 3, 4$;

A_j = efeito do animal j , sendo $j = 1, 2, 3, 4$;

T_k = efeito da dieta k , sendo $k = 1, 2, 3, 4$;

ε_{ijk} = erro aleatório no animal j , no período i da dieta k ;

S_l = efeito do tempo l ;

TS_{kl} = efeito da interação da k -ésima dieta k , com o l -ésimo tempo l ;

α_{ijkl} = erro aleatório atribuído às sub-parcelas.

Para a análise dos parâmetros ruminais, os dados foram transformados em Arco-Seno da raiz quadrada dividido por cem para maior uniformização em torno da média.

As concentrações de creatinina, alantoína e ácido úrico foram avaliadas segundo o modelo estatístico:

$$Y_{ijkl} = \mu + Q_i + P_j + A/Q_{k(j)} + T_l + \varepsilon_{ijkl}, \text{ onde:}$$

Y_{ijkl} = resposta do animal k , no período j , dentro do quadrado i , sob a dieta l ;

μ = média geral;

Q_i = efeito de quadrado; $i = 1, 2$.

P_j = efeito do período j ; $j = 1, 2, 3, 4$.

$A/Q_{k(j)}$ = efeito do animal k ; $k = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8$, dentro do quadrado i .

T_l = efeito da dieta l ; $l = 1, 2, 3, 4$.

ε_{ijkl} = erro aleatório no animal k , no período j da dieta l .

3.3 Resultados e Discussão

Os dados referentes aos valores de pH ruminal no período de 24 horas podem ser observados na Tabela 18 e na Figura 09. Não foi observado efeito da suplementação lipídica por meio da adição de CC na dieta sobre o pH ruminal, o que está de acordo com a manutenção do consumo de matéria seca pelos animais.

Tabela 18. Valores de pH do líquido ruminal de vacas em lactação com diferentes proporções de castanha de caju na dieta

| Horário (horas) | Dietas ¹ | | | | Média |
|--------------------|---------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | T00 | T08 | T16 | T24 | |
| 0 | 6,00 | 5,93 | 6,03 | 6,05 | 6,00 |
| 2 | 5,68 | 5,65 | 5,60 | 5,70 | 5,66 |
| 3 | 5,48 | 5,30 | 5,45 | 5,58 | 5,45 |
| 6 | 5,68 | 5,73 | 5,68 | 5,73 | 5,70 |
| 9 | 5,95 | 5,93 | 5,85 | 6,08 | 5,95 |
| 12 | 6,35 | 6,13 | 6,33 | 6,40 | 6,30 |
| 14 | 5,93 | 5,80 | 6,05 | 5,98 | 5,94 |
| 15 | 5,95 | 5,83 | 6,03 | 5,90 | 5,93 |
| 18 | 6,08 | 5,83 | 6,00 | 6,05 | 5,99 |
| 21 | 6,35 | 6,05 | 6,03 | 6,38 | 6,25 |
| 24 | 6,28 | 6,15 | 6,18 | 6,40 | 6,25 |
| Média | 5,97 | 5,85 | 5,93 | 6,02 | - |

¹T00: Dieta sem CC; T08: Dieta com 8% de CC na porção concentrada; T16: Dieta com 16% de CC na porção concentrada; T24: Dieta com 24% de CC na porção concentrada.

Erro padrão da média = 0,04;

Contrastes (valor de P): Efeito Linear = 0,29; Efeito Quadrático = 0,60.

O valor médio de pH entre os tratamentos foi 5,95. Os maiores valores de pH foram obtidos nos tempos próximos e imediatamente anteriores à alimentação da tarde e da manhã. A partir do horário de fornecimento do alimento (0 e 12 horas), foi constatado que após três horas (horários 3 e 15) o pH atingia seus menores valores, refletindo a ação fermentadora dos microrganismos do rúmen. Os valores de pH durante a primeira alimentação, foram inferiores aos obtidos durante a segunda para os mesmos tempos após a alimentação (Figura 09).

Tanto para o fornecimento das dietas à tarde, como para o da manhã, o pH do rúmen iniciou a elevação de seus valores seis horas

após a alimentação (horários de 6 e 18, respectivamente). De acordo com Van Soest (1994), a faixa de pH para atividade normal das bactérias celulolíticas está situado entre 6,2 e 7,2, sendo ideal para o crescimento destes microrganismos o pH igual a 6,7. Desvios substancialmente superiores ou inferiores a este valor são prejudiciais à atividade deste grupo de bactérias.

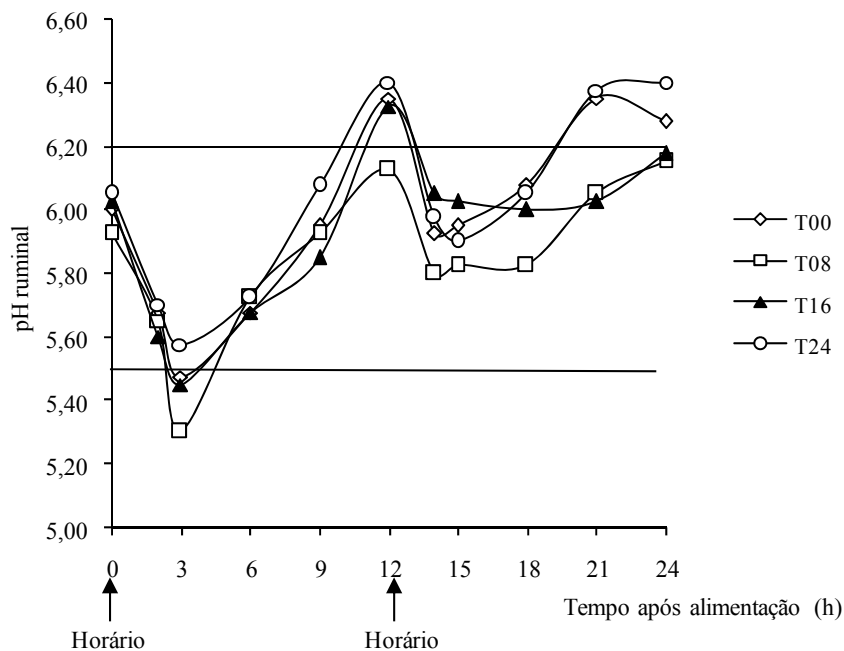


Figura 09. Potencial hidrogeniônico em função do tempo de coleta após a alimentação de vacas em lactação com diferentes proporções de castanha de caju na dieta.

A presença de alimentos, na formulação de dietas para vacas leiteiras, que apresentem maior quantidade de nutrientes digestíveis, passíveis de sofrerem fermentação microbiana, é prática necessária para que se obtenha a produção de leite almejada, sendo que tais componentes podem originar produtos durante a fermentação que influenciem o pH do ambiente ruminal possibilitando a permanência do pH abaixo de 6,2. Com exceção do T08 e T16, no horário de coleta de 3 horas, não foram observados valores médios de pH abaixo do valor crítico de 5,5, o que poderia predispor os animais ao risco de acidose ruminal.

Mudanças no pH ruminal de vacas recebendo 6% de lipídeos na dieta não foram observadas por Vargas et al. (2002), o que concorda com os dados observados na presente pesquisa. Harvatine e Allen (2006b) também não observaram alterações no pH ruminal de vacas recebendo gordura insaturada (7,8% de ácidos graxos na dieta). Rabello et al. (1996) não relataram

alterações significativas ($P > 0,05$) no pH ruminal de vacas alimentadas com proporções crescentes de grão de soja moído no concentrado, com valores de 6,9; 6,2; 5,9 e 6,1, para os níveis de 0, 15, 30 e 45% de adição, respectivamente (nos tempos 0, 2, 4 e 6 horas após a alimentação).

Wascheck (2005) avaliando dietas com 7,5% de extrato etéreo na MS, com o fornecimento de farelo de arroz parboilizado, não relatou interferência da dieta sobre o pH ruminal.

A concentração média de nitrogênio amoniacal ($N-NH_3$) foi 12,70mg/100mL de líquido ruminal (Tabela 19). Todas as médias observadas foram superiores a 5mg/100mL, concentração estabelecida por Satter e Slyter (1974) como mínimo necessário para uma adequada fermentação microbiana no rúmen.

A concentração ruminal de amônia pode ser indicativo de fermentação de aminoácidos,

elevado teor de proteína degradável no rúmen ou ainda, reduzida quantidade de carboidratos não fibrosos no rúmen. Dessa forma, a ausência de alteração nos teores de N-NH₃ demonstra que o fornecimento de lipídeos insaturados, por meio da inclusão de

CC na dieta, não promoveu efeito depressor sobre a população de bactérias gram-positivas, fermentadoras obrigatórias de aminoácidos para suprir suas necessidades energéticas e protéicas (Vargas et al., 2002).

Tabela 19. Concentração de nitrogênio amoniacal (N-NH₃, mg/100mL) no líquido ruminal de vacas em lactação com diferentes proporções de castanha de caju na dieta

| Horário (horas) | Dietas ¹ | | | | Média |
|--------------------|---------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | T00 | T08 | T16 | T24 | |
| 0 | 9,66 | 9,47 | 9,78 | 8,91 | 9,45 |
| 2 | 16,83 | 22,28 | 22,28 | 20,18 | 20,39 |
| 3 | 19,31 | 20,92 | 19,31 | 13,37 | 18,23 |
| 6 | 12,87 | 10,89 | 10,52 | 10,15 | 11,11 |
| 9 | 12,50 | 9,20 | 12,87 | 9,16 | 10,93 |
| 12 | 11,76 | 13,74 | 9,16 | 9,41 | 11,02 |
| 14 | 18,32 | 20,67 | 13,12 | 15,35 | 16,87 |
| 15 | 14,11 | 16,71 | 11,76 | 12,63 | 13,80 |
| 18 | 9,78 | 11,26 | 8,79 | 6,56 | 9,10 |
| 21 | 10,15 | 10,40 | 7,43 | 5,82 | 8,45 |
| 24 | 10,89 | 10,65 | 10,89 | 8,66 | 10,27 |
| Média | 13,29 | 14,20 | 12,36 | 10,93 | - |

¹ T00: Dieta sem castanha de caju; T08: Dieta com 8% de CC na porção concentrada; T16: Dieta com 16% de CC na porção concentrada; T24: Dieta com 24% de CC na porção concentrada.

Erro padrão da média = 0,62;

Contrastes (valor de P): Efeito Linear = 0,75; Efeito Quadrático = 0,99.

A Figura 10 apresenta as variações nas concentrações de N-NH₃ durante o dia após cada alimentação. Foram observados picos de produção de amônia aproximadamente duas horas após as alimentações (22,28; 22,28 e 20,18mg/100mL, após a alimentação da tarde e 20,67; 13,12 e 15,35mg/100mL, após o arraçoamento da manhã, respectivamente para as dietas T08, T16 e T24).

Rabello et al. (1996) encontraram concentrações máximas de amônia uma hora e quarenta e sete minutos após a alimentação, com valores de 21,4; 20,6; 19,9 e 19,2mg/100mL de líquido ruminal, para a inclusão de 0; 15; 30 e 45% de grão de soja,

respectivamente. Segundo estes pesquisadores, o decréscimo nas concentrações de amônia no rúmen é o efeito mais consistente da suplementação com lipídeos, em vista da maior absorção de amônia devido a menor alteração do pH, resultando em aumento na eficiência microbiana.

Os menores valores de concentração de N-NH₃ foram obtidos nove horas após o arraçoamento (9,20; 12,87 e 9,16mg/100mL, após a alimentação da tarde e 10,40; 7,43 e 5,82mg/100mL, após o arraçoamento da manhã, respectivamente para as dietas T08, T16 e T24).

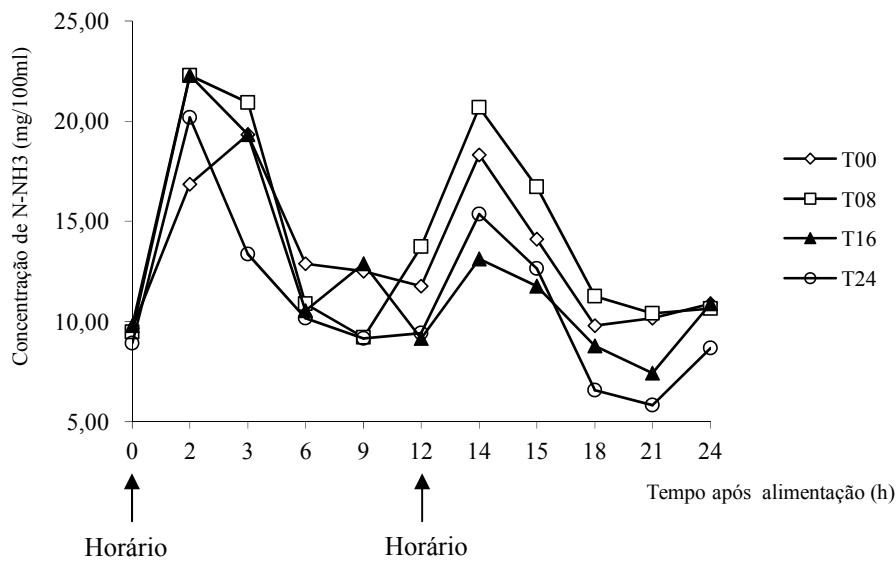


Figura 10. Concentração de nitrogênio amoniacal (N-NH₃) no líquido ruminal de vacas em lactação com diferentes proporções de castanha de caju na dieta.

Villela et al. (1997) observaram que a concentração de amônia não foi influenciada pela inclusão de caroço de algodão na dieta de vacas leiteiras. O experimento conduzido por estes pesquisadores obteve concentrações médias nos tempos 0, 2, 4 e 6 horas, de 13,3; 13,9; 11,5 e 6,2mg/100mL para a dieta sem caroço de algodão, 12,0; 13,1; 11,3 e 6,5mg/100mL para a inclusão de 10% do caroço de algodão, 11,1; 12,7; 11,4 e 7,1mg/100mL para adição de 20% e valores médios de 10,6; 12,7; 11,8 e 8,0mg/100mL no líquido ruminal de vacas alimentadas com 30% de caroço de algodão. Os autores encontraram valores máximos de 14,0; 13,1; 12,7 e 12,7mg/100mL, respectivamente, para as dietas com 0, 10, 20 e 30% de caroço de algodão na matéria natural.

Fornecendo farelo de arroz parboilizado na proporção de aproximadamente 80% da MS do concentrado (7,5% de extrato etéreo na dieta), Wascheck (2005) não constatou influência deste alimento sobre as

concentrações de nitrogênio amoniacal no líquido ruminal (15,81 mmol/100mL) de vaca em lactação.

As concentrações de acetato, propionato e butirato (mmol/100mL) no líquido ruminal estão apresentadas na Tabela 20. A concentração média de acetato apresentou padrão linear de resposta (P=0,04). Os valores médios em T08 e T16 decresceram com relação a T00, contudo aumentando em T24. Não houve influência dos níveis de inclusão de lipídeos sobre o pH ou sobre a concentração de acetato, de forma que os valores obtidos para estas variáveis, possivelmente, não estejam relacionados ao fornecimento de CC.

Os dados de concentração de propionato apresentaram tendência de padrão linear (P=0,08) do mesmo tipo que as concentrações médias de acetato. As concentrações médias de butirato obtiveram o mesmo nível de probabilidade e comportamento linear que as de acetato

($P=0,04$; Tabela 20). No entanto, Grummer et al. (1993) observaram respostas quadráticas nas concentrações de butirato ao utilizarem proporções crescentes de sebo na dieta.

Tabela 20. Concentrações de acetato, propionato e butirato (mmol/100mL) no líquido ruminal de vacas em lactação com diferentes proporções de castanha de caju na dieta

| Horário (horas) | Acetato ² | | | | | Propionato ³ | | | | | Butirato ⁴ | | | | |
|--------------------|----------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-----------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | Dietas ¹ | | | | Médias | Dietas ¹ | | | | Médias | Dietas ¹ | | | | Médias |
| | T00 | T08 | T16 | T24 | | T00 | T08 | T16 | T24 | | T00 | T08 | T16 | T24 | |
| 0 | 23,41 | 20,37 | 28,14 | 33,96 | 26,47 | 9,12 | 8,60 | 9,71 | 14,56 | 10,50 | 3,58 | 2,97 | 3,44 | 4,82 | 3,70 |
| 2 | 32,94 | 34,60 | 30,88 | 41,76 | 35,05 | 12,05 | 11,57 | 11,16 | 17,52 | 13,08 | 5,77 | 5,23 | 4,38 | 6,20 | 5,40 |
| 3 | 36,55 | 28,33 | 30,95 | 40,58 | 34,10 | 13,84 | 11,37 | 12,08 | 16,18 | 13,37 | 6,16 | 4,51 | 4,73 | 5,99 | 5,35 |
| 6 | 35,92 | 21,80 | 34,84 | 60,27 | 38,21 | 14,76 | 9,83 | 13,36 | 26,22 | 16,04 | 4,85 | 3,36 | 4,87 | 7,93 | 5,25 |
| 9 | 28,77 | 24,90 | 34,42 | 31,29 | 29,85 | 10,96 | 10,18 | 12,42 | 15,44 | 12,25 | 4,44 | 3,76 | 4,56 | 5,34 | 4,53 |
| 12 | 21,77 | 22,43 | 27,15 | 26,25 | 24,40 | 8,74 | 9,74 | 12,59 | 10,19 | 10,32 | 2,87 | 3,29 | 5,05 | 4,37 | 3,90 |
| 14 | 30,11 | 28,76 | 25,90 | 39,01 | 30,95 | 12,29 | 11,53 | 10,34 | 17,68 | 12,96 | 4,92 | 4,56 | 3,64 | 5,99 | 4,78 |
| 15 | 36,47 | 30,81 | 26,28 | 33,92 | 31,87 | 15,50 | 11,25 | 12,26 | 11,61 | 12,66 | 5,35 | 4,64 | 4,07 | 3,78 | 4,46 |
| 18 | 46,39 | 29,19 | 28,04 | 31,31 | 33,73 | 17,94 | 11,72 | 10,80 | 12,47 | 13,23 | 6,59 | 4,46 | 3,79 | 2,94 | 4,45 |
| 21 | 40,35 | 23,95 | 33,98 | 49,58 | 36,97 | 15,30 | 10,15 | 12,05 | 13,01 | 12,63 | 6,09 | 3,30 | 3,92 | 5,61 | 4,73 |
| 24 | 44,75 | 19,71 | 29,44 | 34,30 | 32,05 | 16,25 | 8,94 | 12,24 | 11,64 | 12,27 | 6,74 | 2,94 | 4,78 | 3,78 | 4,56 |
| Médias | 34,31 | 25,90 | 30,00 | 38,38 | - | 13,34 | 10,44 | 11,73 | 15,14 | - | 5,21 | 3,91 | 4,29 | 5,16 | - |

¹T00: Dieta sem CC; T08: Dieta com 8% de CC na porção concentrada; T16: Dieta com 16% de CC na porção concentrada; T24: Dieta com 24% de CC na porção concentrada.

²Erro padrão da média = 2,55; Contrastes (valor de P): Efeito Linear = 0,04; Efeito Quadrático = 0,18.

³Erro padrão da média = 0,99; Contrastes (valor de P): Efeito Linear = 0,08; Efeito Quadrático = 0,31.

⁴Erro padrão da média = 0,36; Contrastes (valor de P): Efeito Linear = 0,04; Efeito Quadrático = 0,20.

As Figuras 11, 12 e 13 apresentam as flutuações nas concentrações de acetato, propionato e butirato ao longo do dia.

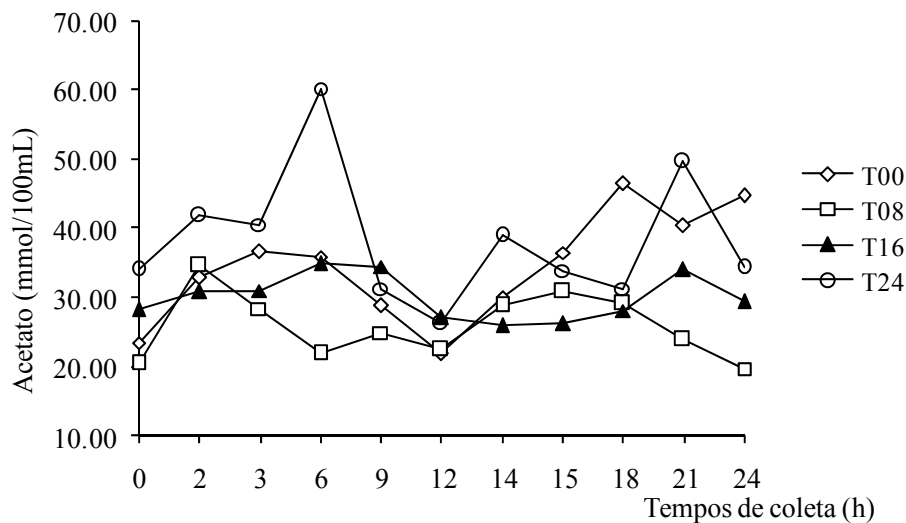


Figura 11. Concentração de acetato (mmol/100mL) no líquido ruminal em função do tempo após a alimentação de vacas em lactação com diferentes proporções de castanha de caju na dieta.

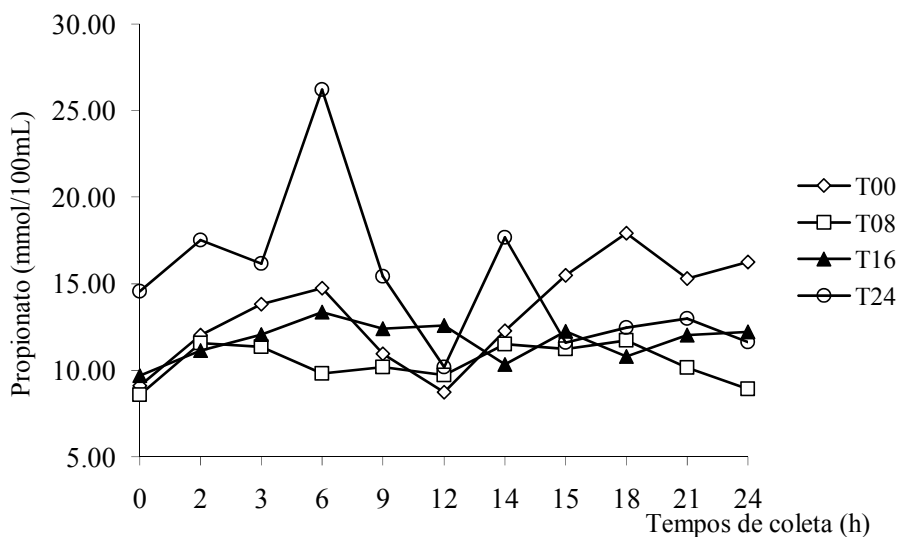


Figura 12. Concentração de propionato (mmol/100mL) no líquido ruminal em função do tempo após a alimentação de vacas em lactação com diferentes proporções de castanha de caju na dieta.

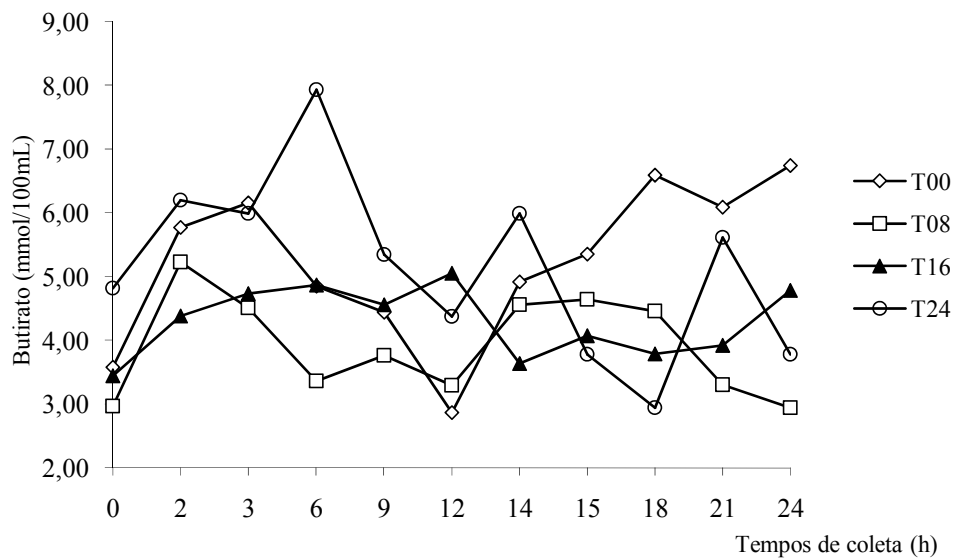


Figura 13. Concentração de butirato (mmol/100mL) no líquido ruminal em função do tempo após a alimentação de vacas em lactação com diferentes proporções de castanha de caju na dieta.

A produção total de AGV seguiu o mesmo tipo de resposta que a concentração de acetato, demonstrando a influência deste AGV sobre a concentração total (Tabela 21).

Grummer et al. (1993) avaliando a suplementação lipídica com uso de 0, 1, 2 e 3% de sebo na matéria seca da dieta, com teores respectivos de ácidos graxos de 5,5; 6,3; 6,9 e 7,6% nas dietas experimentais avaliadas, observaram aumento linear nas concentrações de ácidos graxos voláteis,

coincidindo com os dados de pH encontrados. Estes pesquisadores afirmam que a redução no pH acompanhada pelo aumento na produção total de AGV não foi suficiente para reduzir a digestão ruminal da fibra.

A relação acetato:propionato não foi alterada pela adição de castanha de caju à dieta (Tabela 21).

Tabela 21. Concentração total de ácidos graxos voláteis (mmol/100mL) e relação de acetato:propionato (Acet./Prop.) no líquido ruminal de vacas em lactação com diferentes proporções de castanha de caju na dieta

| Horário (horas) | AGV Totais ² | | | | | Acet./Prop. ³ | | | | |
|--------------------|-------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | Dietas ¹ | | | | Médias | Dietas ¹ | | | | Médias |
| | T00 | T08 | T16 | T24 | | T00 | T08 | T16 | T24 | |
| 0 | 36,10 | 31,95 | 41,28 | 53,34 | 40,67 | 2,70 | 2,44 | 3,09 | 2,61 | 2,71 |
| 2 | 50,75 | 51,40 | 46,43 | 65,48 | 53,52 | 2,76 | 2,82 | 2,80 | 2,41 | 2,70 |
| 3 | 56,56 | 44,21 | 47,76 | 62,76 | 52,82 | 2,64 | 2,51 | 2,76 | 2,59 | 2,63 |
| 6 | 55,54 | 35,00 | 53,07 | 94,43 | 59,51 | 2,39 | 2,25 | 2,76 | 2,48 | 2,47 |
| 9 | 44,17 | 38,84 | 51,39 | 52,07 | 46,62 | 2,70 | 2,46 | 3,01 | 2,31 | 2,62 |
| 12 | 33,38 | 35,46 | 44,79 | 40,81 | 38,61 | 2,63 | 2,29 | 2,19 | 2,79 | 2,48 |
| 14 | 47,32 | 44,85 | 39,88 | 62,68 | 48,68 | 2,49 | 2,59 | 2,58 | 2,52 | 2,55 |
| 15 | 57,32 | 46,69 | 42,61 | 49,31 | 48,98 | 2,35 | 2,58 | 2,15 | 3,13 | 2,55 |
| 18 | 70,92 | 45,37 | 42,62 | 46,71 | 51,41 | 2,45 | 2,59 | 2,61 | 2,50 | 2,54 |
| 21 | 61,74 | 37,40 | 49,96 | 68,20 | 54,33 | 2,56 | 2,30 | 2,81 | 3,61 | 2,82 |
| 24 | 67,74 | 31,59 | 46,48 | 49,72 | 48,88 | 2,79 | 2,19 | 2,30 | 3,12 | 2,60 |
| Médias | 52,87 | 40,25 | 46,02 | 58,68 | - | 2,59 | 2,46 | 2,64 | 2,73 | 2,60 |

¹T00: Dieta sem CC; T08: Dieta com 8% de CC na porção concentrada; T16: Dieta com 16% de CC na porção concentrada; T24: Dieta com 24% de CC na porção concentrada.

²Erro padrão da média = 3,77; Contrastes (valor de P): Efeito Linear = 0,04; Efeito Quadrático = 0,20.

³Erro padrão da média = 0,10; Contrastes (valor de P): Efeito Linear = 0,20; Efeito Quadrático = 0,22.

Vargas et al. (2002) avaliando dietas com 6% de ácidos graxos oriundos do óleo de soja, observaram decréscimo na relação acetato:propionato (3,09 para 2,93) sugerindo que o fornecimento de lipídeos insaturados inibiram as bactérias ruminais gram-positivas e estimularam aquelas produtoras de propionato. A suplementação com lipídeos pode causar redução na digestibilidade da matéria seca e diminuição da relação acetato:propionato, conseqüentemente, reduzindo o teor de gordura no leite. Dessa forma, a não influência do fornecimento de lipídeos sobre a digestibilidade da matéria seca, em toda as dietas desta pesquisa, possibilitou a manutenção de proporções adequadas de acetato:propionato, demonstrando que a gordura do leite não seria alterada devido modificações neste parâmetro. Deve ser ressaltado que a CC não é fonte exclusiva de lipídeos (EE=44,09, %MS), mas também, de PB (24,45, %MS) e CHOT (25,34, %MS) que fermentam no rúmen.

Palmquist (1991) não obteve diferenças nas concentrações ou proporções molares de AGV suplementando vacas leiteiras com diversos tipos de gordura, como sebo, sebo hidrogenado, sabões de cálcio, ácidos graxos saturados e uma mistura de gordura animal e vegetal. No entanto, os lipídeos tenderam a reduzir a relação acetato:propionato, em relação à dieta controle, mas como as diferenças foram discretas e todas as proporções situaram-se acima de 3,6, a

fermentação das dietas com elevada forragem ocorreu adequadamente.

Os valores referentes às proporções molares de acetato, propionato e butirato estão apresentados na Tabela 22. As dietas experimentais não modificaram as concentrações ruminais destes ácidos graxos voláteis. A proporção média observada de acetato:propionato:butirato foi 64,63:25,80:9,42.

Vargas et al. (2002) observaram aumento na proporção molar de propionato de 20,2% para 21,7%, devido ao incremento em sua produção com concomitante redução da produção de acetato e butirato, ao utilizarem dietas com 6% de ácidos graxos provenientes do óleo de soja. Contudo, ao fornecer sebo a vacas leiteiras, Grummer et al. (1991) não observaram efeito na proporção molar de AGV.

As concentrações e proporções de ácido acético, propiônico e butírico, assim como a relação acetato:propionato, não apresentaram influência do fornecimento de farelo de arroz parboilizado, o qual possibilitou teor de 7,5% de extrato etéreo graxos na MS da dieta (Wascheck, 2005). De acordo com o pesquisador, o fornecimento de gordura suplementar pode apresentar efeitos negativos sobre o metabolismo dos ácidos graxos, quando predominam elevados teores de ácidos graxos insaturados na dieta.

Tabela 22. Proporção molar de acetato, propionato e butirato no líquido ruminal de vacas em lactação com diferentes proporções de castanha de caju na dieta

| Horário (horas) | Acetato ² | | | | | Propionato ³ | | | | | Butirato ⁴ | | | | |
|--------------------|----------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-----------------------|-------------|-------------|-------------|--------------|
| | Dietas ¹ | | | | Médias | Dietas ¹ | | | | Médias | Dietas ¹ | | | | Médias |
| | T00 | T08 | T16 | T24 | | T00 | T08 | T16 | T24 | | T00 | T08 | T16 | T24 | |
| 0 | 65,18 | 63,69 | 68,55 | 64,87 | 65,57 | 24,92 | 27,01 | 23,47 | 25,52 | 25,23 | 9,90 | 9,30 | 7,99 | 9,62 | 9,20 |
| 2 | 65,06 | 66,17 | 65,82 | 63,61 | 65,17 | 23,84 | 23,78 | 24,72 | 26,97 | 24,83 | 11,10 | 10,05 | 9,46 | 9,43 | 10,01 |
| 3 | 64,34 | 64,05 | 65,52 | 64,63 | 64,64 | 24,87 | 25,55 | 24,90 | 25,34 | 25,17 | 10,79 | 10,40 | 9,57 | 10,04 | 10,20 |
| 6 | 63,84 | 62,00 | 65,95 | 64,81 | 64,15 | 26,74 | 28,25 | 24,91 | 26,76 | 26,67 | 9,42 | 9,75 | 9,14 | 8,44 | 9,19 |
| 9 | 64,56 | 63,65 | 67,06 | 61,35 | 64,16 | 25,38 | 26,70 | 23,88 | 27,59 | 25,89 | 10,06 | 9,65 | 9,07 | 11,06 | 9,96 |
| 12 | 65,60 | 62,88 | 60,02 | 65,55 | 63,51 | 25,95 | 28,04 | 28,61 | 24,01 | 26,65 | 8,45 | 9,09 | 11,37 | 10,44 | 9,84 |
| 14 | 62,96 | 64,82 | 65,91 | 64,45 | 64,54 | 26,81 | 25,16 | 25,62 | 26,56 | 26,04 | 10,23 | 10,03 | 8,47 | 9,00 | 9,43 |
| 15 | 63,06 | 64,54 | 61,24 | 68,99 | 64,46 | 26,92 | 25,37 | 29,37 | 23,46 | 26,28 | 10,03 | 10,09 | 9,39 | 7,55 | 9,27 |
| 18 | 64,21 | 64,94 | 65,83 | 66,92 | 65,48 | 26,58 | 25,34 | 25,46 | 26,92 | 26,08 | 9,21 | 9,72 | 8,71 | 6,17 | 8,45 |
| 21 | 64,52 | 63,07 | 67,59 | 70,79 | 66,49 | 25,24 | 28,20 | 24,67 | 21,08 | 24,80 | 10,24 | 8,73 | 7,74 | 8,13 | 8,71 |
| 24 | 66,19 | 61,74 | 62,20 | 67,63 | 64,44 | 23,90 | 28,88 | 27,29 | 24,70 | 26,19 | 9,91 | 9,38 | 10,52 | 7,67 | 9,37 |
| Médias | 64,50 | 63,78 | 65,06 | 65,78 | - | 25,56 | 26,57 | 25,72 | 25,36 | - | 9,94 | 9,65 | 9,22 | 8,87 | - |

¹T00: Dieta sem castanha d caju; T08: Dieta com 8% de CC na porção concentrada; T16: Dieta com 16% de CC na porção concentrada; T24: Dieta com 24% de CC na porção concentrada.

²Erro padrão da média = 0,77; Contrastes (valor de P): Efeito Linear = 0,30; Efeito Quadrático = 0,31.

³Erro padrão da média = 0,62; Contrastes (valor de P): Efeito Linear = 0,18; Efeito Quadrático = 0,25.

⁴Erro padrão da média = 0,39; Contrastes (valor de P): Efeito Linear = 0,94; Efeito Quadrático = 0,82.

As Figuras 14 e 15 revelam as variações nas concentrações totais de AGV e da relação

acetato:propionato ao longo do dia.

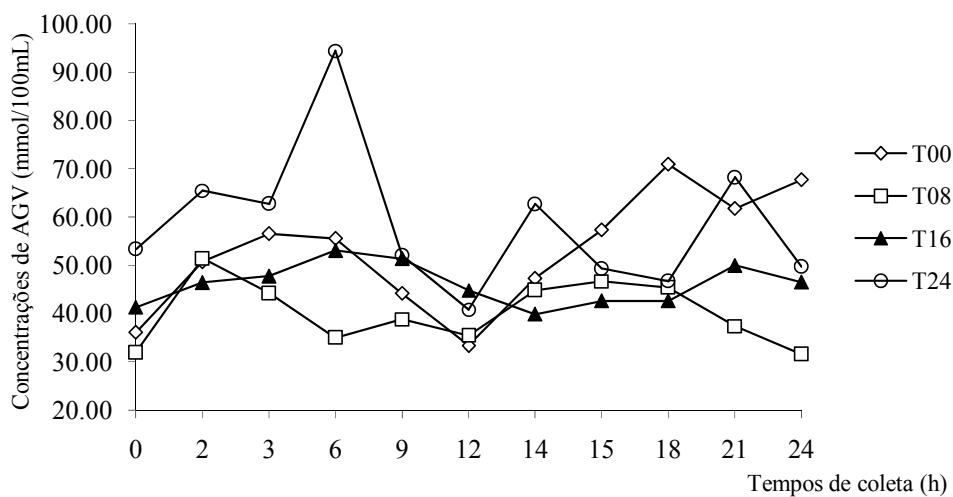


Figura 14. Concentração de ácidos graxos voláteis totais (mmol/100mL) no líquido ruminal em função do tempo após a alimentação de vacas em lactação com diferentes proporções de castanha de caju na dieta.

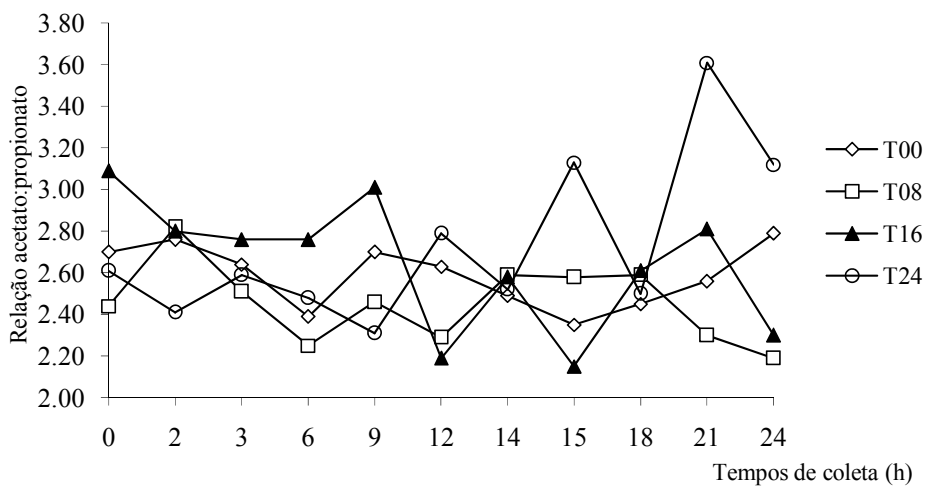


Figura 15. Relação acetato:propionato no líquido ruminal em função do tempo após a alimentação de vacas em lactação com diferentes proporções de castanha de caju na dieta.

Reduções no consumo de matéria seca, na porcentagem de gordura no leite e digestão da fibra no rúmen são indicadores de alteração na fermentação ruminal, fato que não ocorreu na presente pesquisa. A taxa na qual os ácidos graxos são liberados dos alimentos e expostos aos microrganismos ruminais determina se a fermentação é afetada. Se a capacidade dos microrganismos em biohidrogenar os lipídeos for saturada, os ácidos graxos insaturados acumulados poderão interferir na fermentação (NRC, 2001).

Corroborando com os resultados desta pesquisa, a maioria dos trabalhos pesquisados sobre o uso de lipídeos saturados e insaturados para vacas em lactação tem demonstrado pequenos efeitos sobre os parâmetros ruminais (Vargas et al., 2002).

As excreções de alantoína, ácido úrico e creatinina na urina não sofreram alterações com a inclusão de CC ao concentrado de vacas

em lactação (Tabela 23). A excreção urinária de derivados de purinas pelos ruminantes pode ser usada para estimar o fluxo intestinal de proteína microbiana (Chen e Gomes, 1992). Este método considera que o fluxo duodenal de ácido nucléico é predominantemente de origem microbiana e, após a digestão intestinal das bases purinas (adenina e guanina) microbianas, estas são catabolizadas e excretadas proporcionalmente à quantidade produzida. O derivado de purina mais abundante é a alantoína, seguida pelo ácido úrico, xantina e hipoxantina. Contudo, em bovinos, devido à elevada atividade da enzima xantina oxidase, a xantina e hipoxantina são convertidas em ácido úrico, de forma que, a excreção de alantoína e ácido úrico constitui 98% do total de derivados excretados (Chizzotti et al., 2005).

Tabela 23. Concentrações de alantoína, ácido úrico e creatinina (g/L) e relação alantoína/creatinina de vacas em lactação com diferentes proporções de castanha de caju na dieta

| Variáveis | Dietas ¹ | | | | EPM ² | Contrastes ³ | |
|----------------------|---------------------|------|------|------|------------------|-------------------------|------|
| | T00 | T08 | T16 | T24 | | L | Q |
| Alantoína | 4,41 | 3,96 | 3,85 | 3,96 | 0,14 | 0,19 | 0,30 |
| Ácido úrico | 0,50 | 0,44 | 0,37 | 0,38 | 0,02 | 0,16 | 0,40 |
| Creatinina | 1,04 | 1,14 | 0,96 | 0,95 | 0,04 | 0,75 | 0,47 |
| Alantoína:Creatinina | 4,77 | 3,58 | 4,03 | 4,26 | 0,18 | 0,05 | 0,07 |

¹T00: Dieta sem castanha de caju; T08: Dieta com 8% de CC na porção concentrada; T16: Dieta com 16% de CC na porção concentrada; T24: Dieta com 24% de CC na porção concentrada.

²EPM: Erro padrão da média.

³Contrastes (valor de P): L = Efeito linear; Q = Efeito quadrático.

A relação alantoína:creatinina variou entre 3,58 e 4,77, contudo apresentou somente tendência linear de resposta aos tratamentos utilizados (P=0,05). A excreção de creatinina é presumidamente proporcional à perda de massa corporal, o que não foi observado na presente pesquisa, sendo encontrados valores de 580,00 a 585,66 kg e 2,88 a 3,03, para

peso vivo e escore corporal. Deste modo, a elevada relação alantoína:creatinina reflete a excreção de alantoína, a qual sugere adequado crescimento microbiano para as dietas sem inclusão de CC e para todas aquelas em que o subproduto foi utilizado.

Salvador (2006) encontrou relação média de alantoína:creatinina de 2,15, ao avaliar diferentes fontes de minerais e carboidratos na dieta de vacas leiteiras. Enquanto, San Emeterio (1998) relatou aumentos nesta relação de 2,64 para 3,14 quando foram fornecidos grãos de milho úmido e finamente moídos. Reis (1998) observou valores de 1,75 e 2,97 na relação alantoína:creatinina ao utilizar, respectivamente, forragem fresca sem suplementação e forragem fresca mais 10kg de concentrado com elevada proporção de milho com alta umidade na sua composição.

Possivelmente, a inclusão de CC à dieta não interferiu no crescimento dos microrganismos do rúmen e conseqüentemente, no aporte de proteína microbiana para a glândula mamária.

3.4 Conclusão

A inclusão do subproduto da castanha de caju não afetou os parâmetros de fermentação ruminal, nem as concentrações de derivados de purinas, podendo ser considerado como substituto dos ingredientes convencionais milho e farelo de soja nos concentrados de vacas em lactação.

3.5 Referências Bibliográficas

CHEN, X.B., GOMES, M.J. 1992. *Estimation of microbial protein supply to sheep and cattle based on urinary excretion of purine derivatives- an overview of technical details*. Aberdeen, UK: Rowett Research Institute, 1992. (Occasional publication). 21p.

CHIZZOTTI, M.L.; VALADARES FILHO, S.C.; LEÃO, M.I. et al. Casca de algodão em substituição parcial à silagem de capim-elefante para novilhos. 2. Parâmetros ruminais e séricos, produção microbiana e excreção urinária de compostos

nitrogenados. *Rev. Bras. Zootec.*, v. 34, n. 6, p. 2103-2111, 2005.

FARIA, V.P. História do desenvolvimento da pecuária leiteira. In: PEIXOTO, A.M.; MOURA, J.C.; FARIA, V.P. (Ed) *Produção de leite: conceitos básicos*. Piracicaba. 1988. p. 01.

GRUMMER, R.R.; LUCK, M.L.; BARMORE, J.A. Rumen fermentation and lactation performance of cows fed roasted soybeans and tallow. *J. Dairy Sci.*, v. 76, n. 9, p. 2674-2681, 1993.

HARVATINE, K.J.; ALLEN, M.S. Effects of fatty acid supplements on feed intake, and feeding and chewing behavior of lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v. 89, n. 3, p. 1104-1112, 2006b.

NUNES, I.J. *Nutrição Animal Básica*. 2 ed. Belo Horizonte: FEPMVZ, 1998. 387p.

NUTRIENT requirements of dairy cattle - NRC. Washington, DC: National Academy Press, 2001. 381p.

PALMQUIST, D.L. Influence of source and amount of dietary fat on digestibility in lactating cows. *J. Dairy Sci.*, v. 74, n. 4, p. 1354-1360, 1991.

PIMENTEL, P.G. *Consumo de matéria seca e nutrientes, produção de leite e indicadores de estresse térmico de vacas pardo-suíço alimentadas com diferentes níveis de castanha de caju no semi-árido*. 55f. 2002. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE.

RABELLO, T.G.; VALADARES FILHO, S.C.; SILVA, J.F.C. et al. Grão de soja moído na alimentação de vacas em lactação III. Eficiência microbiana, amônia e pH. *Rev. Bras. Zootec.*, v. 25, n. 2, p. 270-280, 1996.

REIS, R.B. *Grain supplementation for grazing dairy cows*. 1998. 257f. Dissertation (Doctor of Philosophy) – University of Wisconsin, Madison.

- RODRIGUEZ, N.M.; GUIMARÃES JÚNIOR, R. Utilização de subprodutos da agroindústria na alimentação de vacas de leite. In: SIMPÓSIO MINEIRO DE NUTRIÇÃO DE GADO DE LEITE, 3., 2005, Belo Horizonte. *Anais...* Belo Horizonte: 2005. p. 65.
- ROGÉRIO, M.C.P. Valor nutritivo de subprodutos de frutas para ovinos. 2005. 318f. Tese (Doutorado em Ciência Animal) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG.
- SALVADOR, S.C. Suplementação com milho e minerais orgânicos em dietas com alto teor de polpa cítrica para vacas em lactação. 2006. 105f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.
- SAN EMETERIO, F. *Effect of grinding and moisture level of corn grain on performance of lactating dairy cows.* 1998. 180f. Dissertation (Doctor of Philosophy) – University of Wisconsin, Madison.
- SAS. User guide: statistics. *Version 6.12.* Cary, NC: SAS Institute., 1996.
- SATTER, L.D.; SLYTER, L.L. Effect of ammonia concentration on rumen microbial protein production *in vitro.* *Brit. J. Nutr.* v. 32, p. 199-205, 1974.
- VAN SOEST, P.J. Nutritional ecology of the ruminant. 2 ed. Ithaca: Cornell University, 1994.
- VARGAS, L.H.; LANA, R.P.; JHAM, G.N. et al. Adição de lipídios na ração de vacas leiteiras: parâmetros fermentativos ruminais, produção e composição do leite. *Rev. Bras. Zootec.*, v. 31, n. 1, supl., p. 522-529, 2002.
- VILLELA, S.D.J; VALADARES FILHO, S.C.; SILVA, J.F.C. et al. Caroço de algodão para vacas leiteiras. 3. Efeito na eficiência microbiana, concentração de amônia e pH ruminais. *Rev. Bras. Zootec.*, v. 26, n. 1, p. 195-200, 1997.
- WASCHECK, R.C. *Potencial do arroz parboilizado na alimentação de vacas leiteiras.* 2005. 90f. Tese (Doutorado em Ciência Animal) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

CAPITULO 4

Produção e composição do leite de vacas em lactação alimentadas com dietas contendo proporções crescentes de castanha de caju

4.1. Introdução

A produção do leite no Brasil está fortemente concentrada na Região Sudeste, quando comparada àquela obtida pelos Estados do Nordeste. O comportamento recente da atividade fornece indícios de maior concentração de produção com os maiores e mais eficientes produtores, os quais fazem maior uso de tecnologias que permitem aumentar a competitividade. A seleção de animais com maior potencial leiteiro pela região Nordeste, exige a utilização de alimentos de custo elevado, surgindo a necessidade de avaliação de fontes alimentares alternativas, como os subprodutos agroindustriais.

No contexto da necessidade de barateamento dos custos com alimentação do rebanho leiteiro nordestino através do fornecimento de subprodutos agroindustriais, mostra-se com grande potencial, o desenvolvimento da cajucultura no Nordeste. Esta cultura destaca-se em seu volume de produção, detendo aproximadamente, a totalidade da produção brasileira de castanha de caju, com destaque para os estados do Ceará, Piauí e Rio Grande do Norte. A castanha é composta por casca, película e amêndoa. A amêndoa com película representa, em média, 27,88% do peso da castanha, mas após o beneficiamento industrial seu rendimento cai para 25,36%. Ao final do processo de seleção e tostagem da castanha de caju, em torno de 10 a 15% são desperdiçadas, tornando-se impróprias ao consumo humano, que devido a sua composição bromatológica pode constituir opção viável para alimentação de vacas de leite.

A dieta fornecida ao animal influencia diretamente a composição do leite,

principalmente o teor de gordura. Alterações nos teores de proteína através da manipulação da dieta podem alcançar 0,6%, enquanto a gordura do leite pode variar em 3,0 unidades percentuais. Contudo, ao contrário do que se observa com a gordura, geralmente, quando ocorre aumento na produção de proteína no leite observa-se também, incremento na produção de leite (Reis et. al., 2005).

O fornecimento da castanha de caju como fonte de lipídeos para vacas leiteiras constitui alternativa que permite aumentar a densidade energética da dieta. No entanto, quando o fornecimento de lipídeos é realizado em níveis elevados na dieta, pode promover alterações na biohidrogenação ruminal dos ácidos graxos de cadeia longa insaturados, diminuindo a capacidade lipogênica da glândula mamária, conseqüentemente reduzindo o teor de gordura do leite (Bauman e Griinari, 2003).

O objetivo deste estudo foi avaliar a produção e composição do leite de vacas alimentadas com proporções crescentes de castanha de caju na dieta.

4.2. Material e Métodos

Descrição do Experimento

O local de realização da pesquisa, o manejo dos animais, a definição dos tratamentos avaliados, assim como a composição nutricional das dietas experimentais estão descritos no capítulo dois deste trabalho.

Foram utilizadas oito vacas holandesas multíparas (quatro fistuladas e quatro não fistuladas no rúmen), entre 50 e 74 dias pós-

parto, com produção média de 28 ± 4 kg de leite/dia, peso corporal médio de 555kg, dispostas em delineamento quadrado latino 4x4, duplo. O ensaio teve duração de 84 dias, divididos em quatro períodos de 21 dias, sendo 14 dias de adaptação e sete dias de coleta de dados. Os animais permaneceram confinados e individualizados em instalações do tipo “tie stall” com livre acesso à água.

A produção de leite foi medida duas vezes ao dia, durante todo o período de coleta. Ao final de cada período, foram coletadas quatro amostras de leite em ordenhas sucessivas, para determinação dos teores de gordura, proteína, lactose, nitrogênio uréico (N-uréia) do leite, sólidos totais e extrato seco desengordurado (ESD). Para conservação das amostras de 50mL, foi adicionado em cada recipiente 10mg de bromopol (2-bromo 2-nitropropano 1,3-diol) e refrigeração a 4°C.

Amostras de leite para análise de perfil de ácidos graxos foram obtidas a partir de uma única amostra composta pelas quatro ordenhas dos dois últimos dias do período de coleta e que foram posteriormente armazenadas a -20°C.

Análises Laboratoriais

As amostras foram encaminhadas para o laboratório de Análise do Leite da Escola de Veterinária da UFMG para determinação do teor de gordura, proteína, lactose, sólidos totais e ESD do leite. As análises foram efetuadas pelo método de raios infravermelhos proximais, utilizando o aparelho Bentley 2000 (Bentley Instruments, Chaska, EUA).

O leite foi corrigido para o teor de 4% de gordura (PLC4%), conforme a fórmula citada pelo NRC (1989):

PLC4% = $0,4 \times \text{produção de leite} + 15 \times (\% \text{gordura} / 100) \times \text{produção de leite}$

A produção de leite foi ainda corrigida para o teor de sólidos totais (LCST), de acordo com a equação proposta por Tyrrel e Reid (1965):

LCTS% = $[12,3 \times \text{produção gordura (kg/dia)}] + [6,56 \times \text{ESD (kg/dia)}] - [0,0752 \times \text{produção de leite (kg/dia)}]$

Para obtenção da concentração de nitrogênio uréico, as amostras foram enviadas para a Clínica do Leite da ESALQ, Piracicaba-SP. Esta análise foi realizada utilizando o método enzimático colorimétrico, com o uso do aparelho ChemSpec 150 (Bentley Instruments, Chaska, EUA).

A eficiência alimentar de cada vaca foi calculada pela relação entre a produção média de leite e a produção média de leite corrigida para 4,0% de gordura e a ingestão média de matéria seca (Valadares Filho et al., 2000).

As análises do perfil de ácidos graxos no leite foram realizadas de acordo com a técnica de extração e metilação, descrita por Chouinard et al. (1999), no Laboratório de Nutrição de Ruminantes da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (USP), Piracicaba-SP.

Análises Estatísticas

Os resultados foram interpretados estatisticamente por meio de análise de variância, utilizando o PROC GLM do programa SAS (Statistical Analysis System, 1996). Análises para obtenção dos contrastes lineares e quadráticos foram realizadas para observação do tipo de resposta das variáveis aos tratamentos avaliados.

A análise de regressão foi realizada para a obtenção de estimativas das respostas avaliadas em teores de castanha de caju na dieta não utilizados no experimento. Para esta estimativa foi utilizado o PROC REG

do programa SAS (1996). Foram testados diferentes modelos matemáticos (lineares e quadráticos) para a escolha do que mais se ajustasse aos dados. As equações exibidas neste trabalho foram selecionadas para apresentar maior confiança e melhor aplicabilidade na previsão dos valores estimados para cada variável.

Os efeitos da inclusão de castanha de caju sobre a produção e composição do leite dos animais foram avaliados segundo o modelo estatístico:

$$Y_{ijkl} = \mu + Q_i + P_j + A/Q_{k(i)} + T_l + \varepsilon_{ijkl}, \text{ onde:}$$

Y_{ijkl} = resposta do animal k, no período j, dentro do quadrado i, sob a dieta l;

μ = média geral;

Q_i = efeito de quadrado; $i = 1,2$;

P_j = efeito do período j; $j = 1,2,3,4$;

$A/Q_{k(i)}$ = efeito do animal k; $k = 1,2,3,4,5,6,7,8$, dentro do quadrado i;

T_l = efeito da dieta l; $l = 1,2,3,4$;

ε_{ijkl} = erro aleatório no animal k, no período j da dieta l.

Os resultados do perfil de ácidos graxos de cadeia longa foram transformados em logaritmo $(x+1)$ para a comparação das médias, devido ao elevado coeficiente de variação observado. Foi realizada análise não-paramétrica para *Trans-10C_{18:1}*, *Trans-11 C_{18:1}* e *Trans-10 cis-12C_{18:2}*, utilizando o teste de Wilcoxon ao nível de 5% de probabilidade.

4.3. Resultados e Discussão

A Tabela 24 apresenta a produção diária e a composição do leite das vacas alimentadas com diferentes proporções de castanha de caju na dieta. A produção individual média de leite foi 30,31kg/dia.

O milho foi substituído pela CC em, aproximadamente, 19,7; 27,7 e 31,5% para as dietas com inclusão de 8; 16 e 24% de CC na porção concentrada, respectivamente. O farelo de soja apresentou proporção de substituição pelo CC de, aproximadamente, 8,5; 18,9 e 29,0%, nas dietas T08, T16 e T24. Apesar das substituições observadas, a inclusão de CC manteve alta produção de leite, a produção de leite corrigida para 4% de gordura (LCG 4%), e ainda, a produção de leite corrigida para sólidos totais (LCST), independente da sua proporção na dieta.

A equação de regressão abaixo demonstra que a LCG 4% decrescia em 0,195kg/dia a cada 1% de CC adicionado ao concentrado.

$$\text{LCG 4\%, kg} = 28,80 - 0,195X \quad (r^2 = 0,92; P < 0,05), \text{ onde:}$$

X = Nível de inclusão de CC ao concentrado.

O estudo de regressão verificou efeito linear na LCST das proporções de CC adicionados ao concentrado das vacas em lactação, conforme demonstrado na equação com $r^2 = 0,89$ e $P < 0,05$:

$$\text{LCST, kg} = 28,72 - 0,16X, \text{ onde: X = Nível de inclusão de CC no concentrado.}$$

Por meio da equação observa-se decréscimo de 0,16 kg para cada 1% de adição de CC. Oliveira (2005), divergindo da atual pesquisa, não relatou alteração para LCST (média de 20,86 kg de leite/dia) quando a dieta continha 5,5% de lipídeos na MS, oriundos da soja extrusada.

A percentagem de gordura no leite decrescia linearmente à medida que maiores proporções de CC eram incluídas na dieta ($P = 0,03$), como demonstra a equação:

$$\text{Gordura, \%} = 3,72 - 0,045X \quad (r^2 = 0,97; P < 0,05), \text{ onde X = Nível de inclusão de CC ao concentrado.}$$

Foi demonstrado com o estudo de regressão que a cada inclusão de 1% de CC no concentrado, o percentual de gordura no leite diminuía em 0,045 ponto percentual.

O aumento no teor de lipídeos na dieta, com a inclusão de CC, tendeu a reduzir linearmente a produção de gordura no leite (P=0,08). A produção de gordura no leite é reduzida em 0,014kg/dia a cada 1% de CC

acrescentado ao concentrado, conforme demonstra a equação de regressão abaixo:

$$\text{Gordura, kg} = 1,11 - 0,014X \quad (r^2 = 0,91; P < 0,05)$$

Onde: X = Nível de inclusão de CC no concentrado.

Tabela 24. Produção diária e composição do leite de vacas em lactação com diferentes proporções de castanha de caju na dieta

| Variáveis ² | Dietas ¹ | | | | EPM ³ | Contrastes ⁴ | |
|------------------------|---------------------|-------|-------|-------|------------------|-------------------------|------|
| | T00 | T08 | T16 | T24 | | L | Q |
| Leite, kg | 29,93 | 30,75 | 30,23 | 30,33 | 0,47 | 0,67 | 0,70 |
| LCG 4%, kg | 28,40 | 28,06 | 25,21 | 24,15 | 0,39 | 0,42 | 0,65 |
| LCST, kg | 28,42 | 28,20 | 25,65 | 25,10 | 0,41 | 0,44 | 0,84 |
| Gordura, % | 3,68 | 3,47 | 2,90 | 2,66 | 0,05 | 0,03 | 0,88 |
| Gordura, kg | 1,09 | 1,05 | 0,83 | 0,79 | 0,02 | 0,08 | 0,95 |
| Proteína, % | 3,12 | 3,01 | 3,15 | 3,19 | 0,02 | 0,28 | 0,10 |
| Proteína, kg | 0,93 | 0,92 | 0,90 | 0,93 | 0,02 | 0,55 | 0,53 |
| N-uréico, mg/dl | 17,25 | 18,65 | 18,71 | 18,00 | 0,46 | 0,21 | 0,25 |
| Lactose, % | 4,69 | 4,71 | 4,71 | 4,66 | 0,01 | 0,42 | 0,30 |
| Lactose, kg | 1,40 | 1,45 | 1,42 | 1,41 | 0,02 | 0,58 | 0,57 |
| ESD, % | 8,81 | 8,73 | 8,95 | 8,96 | 0,09 | 0,96 | 0,47 |
| ESD, kg | 2,63 | 2,68 | 2,70 | 2,70 | 0,04 | 0,64 | 0,76 |
| Sólidos totais, % | 12,54 | 12,31 | 11,63 | 11,71 | 0,03 | 0,08 | 0,44 |
| Sólidos totais, kg | 3,74 | 3,77 | 3,50 | 3,52 | 0,05 | 0,61 | 0,98 |

¹T00: Dieta sem castanha de caju; T08: Dieta com 8% de CC na porção concentrada; T16: Dieta com 16% de CC na porção concentrada; T24: Dieta com 24% de CC na porção concentrada.

²LCG 4,0%: Leite corrigido para 4% gordura; LCST: Leite corrigido para teor de sólidos totais; ESD: Extrato seco desengordurado.

³EPM: Erro padrão da média.

⁴Contrastes (valor de P): L = Efeito linear; Q = Efeito quadrático.

Malafaia et al. (1996) avaliando inclusão crescente de sebo bovino em dietas de vacas leiteiras, constataram aumentos na produção de leite, mas sem alterações para a produção de leite corrigida para 3,5% de gordura e para os teores de gordura e proteína do leite. Duarte et al. (2005) não verificaram aumento na produção de leite e leite corrigido para 4% de gordura, nem nas concentrações dos componentes do leite de vacas alimentadas com grão de soja em comparação com a dieta controle. O aumento no fornecimento de gordura

insaturada reduziu a síntese de gordura no leite em 0,27 kg/d, conforme observado por Harvatine e Allen (2006a), possivelmente, devido à inibição causada pelos ácidos graxos intermediários da biohidrogenação ruminal.

A inclusão de lipídeos na alimentação de vacas leiteiras pode ocasionar reduções no teor de gordura do leite, devido às modificações que podem ser causadas no ambiente ruminal, como o efeito inibitório sobre a digestibilidade da matéria seca,

influenciando o suprimento de ácido acético, o qual é a principal fonte de carbono para a síntese “de novo” na glândula mamária. Fato que, provavelmente, não ocorreu na presente pesquisa, já que a inclusão de quantidades crescentes de lipídeos à dieta não promoveu alterações na digestibilidade da matéria seca, nos valores de pH e nas concentrações de ácido acético. Neste caso, possivelmente, a redução no teor de gordura no leite foi causada pelo aumento no suprimento de ácidos graxos insaturados (AGI), conforme expressa a relação de 3,68 entre ácidos graxos insaturados e saturados do CC. A influência negativa dos AGI sobre a síntese de gordura do leite através da redução das etapas finais da biohidrogenação ruminal, ocasiona aumentos na quantidade de ácidos graxos insaturados *Trans-18C_{18:1}*, que são transformados em *Trans-10 cis-12C_{18:2}* na glândula mamária e inibem a lipogênese, por ação sobre a enzima acetil Coa carboxilase (Bauman e Griinari, 2003).

A produção de proteína no leite não apresentou variações significativas entre os tratamentos. O teor de proteína do leite na dieta T24 foi de 3,19%, valor próximo ao ideal (3,2%) estabelecido para a raça holandesa. No entanto, a percentagem de proteína apresentou tendência quadrática ($P=0,10$) com a adição de CC ao concentrado. Segundo De Peters e Cant (1992), pode ser esperada redução em torno de 0,1 a 0,3 unidade percentual no teor de proteína do leite com a adição de gordura. A incapacidade dos microrganismos ruminais em utilizar os lipídeos como fonte de energia para seu crescimento, pode explicar esta diminuição na síntese de proteína do leite, uma vez que a disponibilidade de aminoácidos torna-se insuficiente para a síntese de proteína na glândula mamária (Dhiman e Zaman, 2001). A elevada quantidade de extrato etéreo consumido na dieta T24 (1,65 kg/dia; Tabela 08), em substituição ao amido do milho como fonte de energia, não reduziu significativamente o teor de proteína no leite, provavelmente,

devido ao adequado perfil aminoácido da castanha de caju, ou ainda, devido à rápida degradabilidade ruminal de sua proteína, disponibilizando este nutriente rapidamente no rúmen. Pelo fato do ácido oléico representar a grande totalidade dos ácidos graxos presentes na castanha de caju, aliada ao seu teor de PB e degradabilidade, sua inclusão não prejudicou a síntese protéica da glândula mamária.

Os teores de N-uréia do leite não foram influenciados pelos tratamentos ($P>0,05$), embora sejam considerados elevados, com valor médio de 18,15mg/dL. Apesar das dietas não apresentarem elevados teores de PB (14,6 a 16,2, %MS) o valor médio de N-uréia do leite está acima do desejado (>16 mg/dL). Tal resultado pode ser explicado pela alta degradabilidade da PB da CC, associada aos teores de CNF das dietas (27,6 a 29,6, %MS). Os altos teores podem estar relacionados ao nitrogênio amoniacal no rúmen e ao elevado potencial de degradação em curto tempo da proteína bruta do subproduto, o que poderia disponibilizar maior quantidade de nitrogênio circulante no organismo, refletindo sobre as concentrações de N-uréia no leite. De acordo com Butler (2004), têm sido constatados efeitos negativos sobre o desempenho reprodutivo quando as concentrações de N-uréia atingem valores acima de 19mg/dl no leite, valor não encontrado na presente pesquisa. Embora o N-uréia do leite estivesse aumentado, não houve prejuízo para a proteína do leite, o que demonstra que houve suprimento adequado de aminoácidos para a glândula mamária.

A percentagem e produção de lactose não foram afetados pelas proporções crescentes de CC à dieta, concordando com a afirmação que este componente sofre mínima influência da modificação da dieta, sendo o constituinte mais constante do leite.

O ESD, no que se refere ao seu percentual e produção, não sofreu alterações devido aos

tratamentos experimentais, o que torna interessante o uso da CC na dieta de vacas em lactação.

No que se refere ao conteúdo de sólidos totais, foi observada tendência linear de decréscimo no percentual deste componente do leite devido à adição de CC na dieta ($P=0,08$), o que, possivelmente, se deve às reduções nos teores de gordura do leite.

A equação de regressão abaixo estima as concentrações de sólidos totais em função do nível de inclusão de CC no concentrado:

Sólidos totais, % = $12,52 - 0,040X$, onde: X = Nível de inclusão de CC no concentrado.

O coeficiente de determinação para esta equação foi igual a 0,84. Com o estudo de regressão, verificou-se efeito linear no teor de sólidos totais, com decréscimo de 0,040 ponto percentual no teor deste componente do leite com a adição de 1% castanha de caju ao concentrado.

Vargas et al. (2002) utilizando óleo de soja em dietas de vacas em lactação, fornecendo um total de 6% de ácidos graxos na MS da dieta, não observaram alterações na produção de leite, na produção corrigida para 4% de gordura, bem como na composição do leite, mantendo teores de 3,68% de gordura e 3,02% de proteína.

Wascheck (2005) não observou alteração na produção de leite, na produção de leite corrigida para 4% de gordura, e na porcentagem e produção de gordura, ao utilizar dieta com 22,6% de arroz parboilizado na dieta (7,5% de extrato etéreo na matéria seca). O autor encontrou elevadas concentrações de nitrogênio uréico no leite (18,18 e 19,80mg/dl, respectivamente, para o tratamento controle e para a inclusão de

farelo de arroz). O uso de lipídeos não afetou a lactose e o extrato seco total, os quais apresentaram valores médios de 4,45% para lactose e 12,28% para extrato seco total com a adição do farelo de arroz. A porcentagem de proteína no leite no tratamento controle foi superior à obtida na dieta com inclusão de 80% de farelo de arroz (3,14 vs. 3,02%, respectivamente). Cant et al. (1993), citado por Wascheck (2005), constatou que a suplementação com gordura na ração de vacas lactantes pode inibir a síntese de proteína do leite em consequência da redução do fluxo sanguíneo para glândula mamária, bem como a diminuição da concentração arterial de aminoácidos no sangue, em função da diminuição do crescimento microbiano no rúmen, os quais são fornecedores de aminoácidos para a glândula mamária sintetizar as proteínas do leite.

Estudo da mesma natureza, conduzido no semi-árido do Ceará, concluiu que a introdução de castanha de caju não reduziu a produção de vacas em lactação, obtendo média de 15,05kg de leite/dia (Pimentel, 2002). Conforme o autor, o milho foi o principal ingrediente substituído pela castanha (variação de 52,8% entre os tratamentos sem e com 24%), seguido pelo farelo de soja (variações de 21,7%), ocasionando um consumo de lipídeos 2,75 vezes maior nos animais suplementados com 24% do subproduto em relação aqueles submetidos à dieta controle.

A Figura 16 nos mostra a correlação negativa ($P<0,01$) entre a ingestão de extrato etéreo e o percentual de gordura no leite, indicando que à medida que o consumo de lipídeos aumenta, decresce o teor de gordura no leite para todas as dietas experimentais.

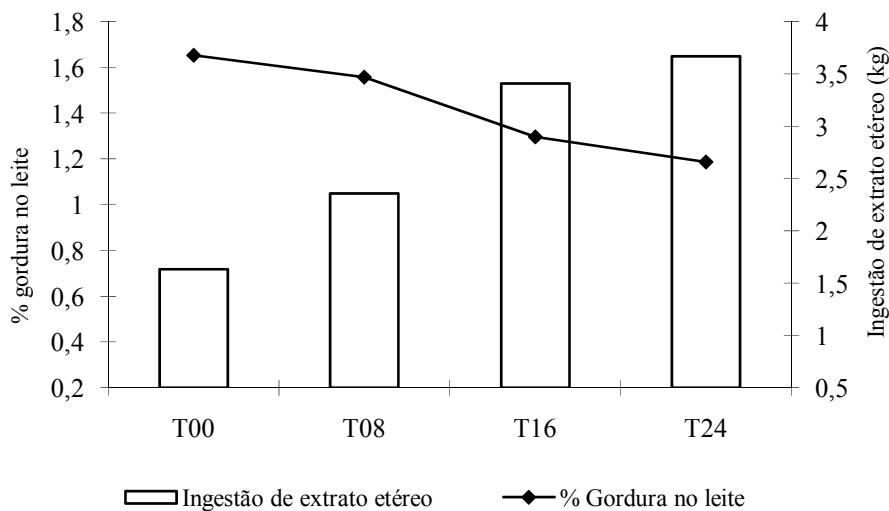


Figura 16. Ingestão de extrato etéreo e percentagem de gordura no leite de vacas em lactação com diferentes proporções de castanha de caju na dieta.

Os teores de proteína do leite tenderam a um aumento de acordo com o incremento no

consumo de extrato etéreo (P=0,08; Figura 17).

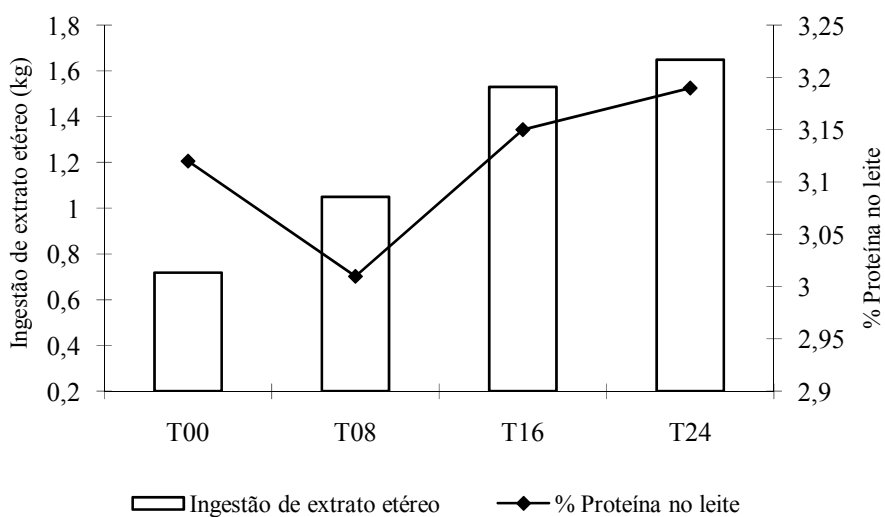


Figura 17. Ingestão de extrato etéreo e percentagem de proteína no leite de vacas em lactação com diferentes proporções de castanha de caju na dieta.

O perfil dos ácidos graxos presentes na gordura do leite com diferentes proporções de castanha de caju na dieta está apresentado na Tabela 25. A inclusão de CC à dieta diminuiu linearmente ($P < 0,05$) a concentração de ácidos graxos de cadeia curta ($C_{8:0}$ a $C_{12:1}$), bem como, o total de ácidos graxos de cadeia curta (Total $C_{4:0}$ –

$C_{12:1}$). A dieta com 24% de inclusão de CC na porção concentrada foi responsável por uma redução de 38,32% na concentração de ácidos graxos de cadeia curta na gordura do leite, ocorrência desejável, sendo estes ácidos graxos os mais prejudiciais à saúde humana.

Tabela 25. Perfil de ácidos graxos da gordura do leite de vacas em lactação com diferentes proporções de castanha de caju na dieta

| Ácidos graxos (mg/g de gordura) | Dieta ¹ | | | | EPM ² | Contrastes ³ | |
|---|--------------------|--------------------|---------------------|--------------------|------------------|-------------------------|-------|
| | T00 | T08 | T16 | T24 | | L | Q |
| $C_{4:0}$ | 42,93 | 44,81 | 38,39 | 34,23 | 0,90 | 0,99 | 0,29 |
| $C_{6:0}$ | 24,85 | 23,00 | 18,00 | 15,28 | 0,38 | 0,05 | 0,72 |
| $C_{8:0}$ | 14,25 | 12,45 | 9,45 | 7,74 | 0,26 | 0,01 | 0,84 |
| $C_{10:0}$ | 32,00 | 25,76 | 19,89 | 16,55 | 0,62 | <0,01 | 0,26 |
| $C_{11:0}$ | 2,85 | 2,40 | 1,63 | 1,21 | 0,08 | 0,03 | 0,92 |
| $C_{12:0}$ | 36,88 | 28,76 | 23,15 | 20,20 | 0,69 | <0,01 | 0,09 |
| $C_{12:1}$ | 1,24 | 0,81 | 0,70 | 0,40 | <0,01 | <0,01 | 0,01 |
| Total $C_{4:0}$ – $C_{12:1}$ | 155,00 | 137,99 | 111,21 | 95,61 | 2,50 | 0,02 | 0,75 |
| $C_{13:0}$ | 0,31 | 0,27 | 0,28 | 0,36 | 0,02 | 0,20 | 0,13 |
| $C_{14:0}$ | 116,81 | 104,18 | 91,69 | 85,80 | 1,54 | 0,01 | 0,34 |
| $C_{14:1}$ | 9,81 | 8,23 | 7,35 | 7,40 | 0,30 | 0,20 | 0,49 |
| $C_{15:0}$ | 10,76 | 7,70 | 7,17 | 6,67 | 0,15 | <0,01 | 0,06 |
| $C_{16:0}$ | 347,80 | 285,51 | 253,05 | 242,27 | 3,78 | <0,01 | <0,01 |
| $C_{16:1}$ | 13,49 | 12,07 | 10,94 | 9,69 | 2,32 | 0,14 | 0,97 |
| $C_{17:0}$ | 4,49 | 3,83 | 3,63 | 3,80 | 0,14 | 0,17 | 0,30 |
| $C_{17:1}$ | 2,07 | 1,88 | 2,03 | 2,07 | 0,04 | 0,60 | 0,44 |
| $C_{18:0}$ | 101,57 | 130,67 | 144,72 | 155,07 | 3,22 | 0,03 | 0,33 |
| $C_{18:1}$ <i>Trans-10</i> ⁴ | 0,64 | 3,16 | 14,59 | 4,06 | - | - | - |
| $C_{18:1}$ <i>Trans-11</i> ⁴ | 11,56 ^b | 16,30 ^b | 19,83 ^{ab} | 31,16 ^a | - | - | - |
| $C_{18:2}$ <i>Cis-9Cis-12</i> | 22,28 | 22,54 | 24,76 | 20,84 | 0,48 | 0,01 | 0,01 |
| $C_{18:2}$ <i>Cis-9 Trans-11</i> | 0,97 | 1,18 | 1,14 | 0,99 | 0,03 | <0,01 | <0,01 |
| $C_{18:2}$ <i>Trans-10Cis-12</i> ^{4,5} | 0,00 | 0,00 | 0,11 ^a | 0,13 ^a | - | - | - |
| $C_{18:3}$ <i>Cis-9 Cis-12 Cis-15</i> | 4,97 | 5,85 | 6,82 | 7,16 | 0,14 | 0,06 | 0,59 |
| $C_{20:0}$ | 0,76 | 0,90 | 1,05 | 1,16 | 0,02 | 0,07 | 0,91 |
| Total $C_{17:0}$ – $C_{20:0}$ | 336,41 | 436,07 | 511,21 | 544,43 | 5,64 | <0,01 | 0,01 |

^{ab}Médias com letras diferentes na mesma linha são estatisticamente significativas ($P < 0,05$).

¹T00: Dieta sem castanha de caju; T08: Dieta com 8% de CC na porção concentrada; T16: Dieta com 16% de CC na porção concentrada; T24: Dieta com 24% de CC na porção concentrada.

²EPM: Erro padrão da média.

³Contrastes (valor de P): L = Efeito linear; Q = Efeito quadrático.

⁴Análise não-paramétrica. Teste de Wilcoxon ao nível de 5% de probabilidade. ⁵Os valores zero não podem ser analisados estatisticamente, devido à ausência de variância. A comparação pode ser realizada entre T16 e T24.

Santos et al. (2001) também observaram reduções nos teores de ácidos graxos de cadeia curta devido ao fornecimento de

ácidos graxos insaturados na dieta. Estes pesquisadores, citando Abreu (1993), afirmaram que a gordura do leite, quando

comparada aos demais alimentos, possui elevadas concentrações de ácidos graxos de cadeia curta, e ainda, que estes apresentam características de serem voláteis, o que confere grande parte do aroma e sabor de muitos produtos lácteos, principalmente da manteiga e dos queijos. Ainda de acordo com estes autores, os ácidos graxos de cadeia curta não são muito importantes para o leite de consumo, pois sua importância se reflete mais sobre os produtos lácteos que necessitam de aroma característico para conferir a distinção de qualidade. Os ácidos graxos de cadeia curta só contribuem para o aroma após sua hidrólise, a qual normalmente é parcial, sendo mais influenciada pela concentração das enzimas lipolíticas que pela concentração do substrato (Pinto, 1997, citado por Santos et al., 2001). Além disso, podem interferir negativamente sobre a saúde humana.

O total de $C_{4:0}$ – $C_{12:0}$ pode ser estimado a partir da equação de regressão:

Total de $C_{4:0}$ – $C_{12:0}$ = 15,43 – 0,25X, onde:

X = Nível de inclusão de CC no concentrado. O coeficiente de determinação obtido foi 0,99.

Estimou-se, conforme a equação acima, decréscimo de 0,25mg/g de gordura no total de ácidos graxos de cadeia curta para cada 1% de adição de CC. Houve, então, redução na síntese *de novo* da glândula mamária, que pode ser explicada pela elevação dos ácidos graxos Trans $C_{18:1}$.

A redução na concentração dos ácidos graxos de cadeia curta foi acompanhada por um aumento nos teores de *Trans-10 Cis-12* $C_{18:2}$, assim como, foi relatado por Oliveira (2005) fornecendo dietas com, aproximadamente, 5% de ácidos graxos na MS de soja extrusada.

Santos et al. (2001) encontraram valores de, aproximadamente, 11,4% para o total de

ácidos graxos de cadeia curta (somando-se $C_{4:0}$, $C_{6:0}$, $C_{8:0}$, $C_{10:0}$ e $C_{12:0}$) no leite de vacas alimentadas com 6% de ácidos graxos provenientes do óleo de soja. Estes autores concluíram que as concentrações de ácidos graxos de cadeia curta obtidas em seu experimento foram suficientes para ultrapassar em muitas vezes as concentrações necessárias para saturar as lipases presentes na massa do queijo, caso esse leite fosse utilizado para esta finalidade. Como na presente pesquisa, para a soma destes ácidos graxos, com comprimentos de cadeia de quatro a doze carbonos, foi encontrado um valor de 9,42% (na dieta T24), não muito distante daqueles reportados por Santos et al. (2001), possivelmente, o leite produzido pelas vacas alimentadas com 24% de CC na porção concentrada da dieta, nas condições deste estudo, não alteraria as qualidades organolépticas do queijo. Vale ressaltar a necessidade de estudos sensoriais para a confirmação de tal hipótese.

Com relação aos ácidos graxos de cadeia média, aqueles com comprimento de cadeia $C_{13:0}$, $C_{14:1}$, $C_{17:0}$ e $C_{17:1}$ não foram influenciados pelos diferentes níveis de inclusão de CC na dieta. Contudo, os $C_{14:0}$, $C_{15:0}$, $C_{16:0}$ e $C_{16:1}$ tiveram suas concentrações reduzidas linearmente em todos os níveis de inclusão de lipídio à dieta ($P \leq 0,01$). Oliveira (2005) observou redução nas concentrações de $C_{14:0}$, $C_{15:0}$ e $C_{16:0}$ e ausência de efeito significativo ($P > 0,05$) sobre $C_{13:0}$ e $C_{17:0}$ devido à adição de lipídeos às dietas com baixa e alta proporção de forragem, utilizando como fonte de lipídeos a soja extrusada.

A inclusão de farelo de arroz parboilizado na dieta de vacas em lactação inibiu a síntese dos ácidos láurico ($C_{12:0}$) e mirístico ($C_{14:0}$), segundo Wascheck (2005).

Os dois maiores tores de inclusão de CC apresentaram as maiores médias de concentração de ácido esteárico ($C_{18:0}$), com

valores de 144,72 e 155,07mg/g, respectivamente para T16 e T24. Este aumento, de acordo com Oliveira (2005), pode indicar saturação das reações de biohidrogenação ruminal através do aumento na concentração de ácidos graxos intermediários da biohidrogenação na gordura do leite.

As dietas oferecidas não apresentaram efeito sobre os teores de *Trans-10 C_{18:1}*, enquanto a inclusão de CC em sua proporção mais elevada (T24) aumentou a concentração de *Trans-11C_{18:1}* no leite de 11,56 para 31,16mg/g de gordura, respectivamente para a dieta sem o subproduto e para 24% de CC na porção concentrada.

As concentrações médias de ácido linoléico (*C_{18:2}*) apresentaram padrão linear de resposta ao incremento de lipídeos na dieta dos animais experimentais. Enquanto, os teores de ácido linolênico (*C_{18:3}*) e aracdônico (*C_{20:0}*) demonstraram tendência de aumento em suas concentrações devido à inclusão de CC no concentrado (P=0,06 e P=0,07, respectivamente para *C_{18:3}* e *C_{20:0}*).

Os lipídeos adicionados à dieta ocasionaram efeito linear de aumento nas concentrações totais de ácidos graxos de cadeia longa (436,07; 511,21 e 544,43mg/g de gordura, respectivamente para T08, T16 e T24) em relação à dieta controle T00 (336,41mg/g de gordura). Como a maior parte dos ácidos graxos da CC é de cadeia longa, possivelmente, o fornecimento das dietas com as maiores inclusões deste subproduto apresentaram maior influência na elevação dos AGCL na gordura do leite, após serem biohidrogenados ou não pelos microrganismos ruminais.

Os ácidos graxos *C_{12:0}*, *C_{14:0}* e *C_{16:0}* são os grandes responsáveis pelos efeitos hipercolesterolêmicos das gorduras saturadas nas dietas humanas, enquanto o *C_{18:0}* possui a mesma eficiência que o *C_{18:1}* na redução dos níveis de colesterol em

humanos (Bonanome e Grundy, 1988, citados por Dhiman e Zaman, 2001). Dessa forma, o aumento na proporção de *C_{18:0}* e *C_{18:1}* no leite de vacas suplementadas com lipídeos pode promover benefícios para a saúde, devido à redução dos efeitos colesterolêmicos da gordura do leite (Dhiman e Zaman, 2001).

Como, aproximadamente, 50% dos ácidos graxos do leite são provenientes dos ácidos graxos de cadeia longa da dieta e da biohidrogenação dos lipídeos pelas bactérias ruminais, provavelmente, devido ao perfil de ácidos graxos da castanha de caju (12,26% de *C_{18:0}*, 57,39% de *C_{18:1}*, 20,71% de *C_{18:2}* e 0,22% de *C_{18:3}*; Tabela 07), o fornecimento de CC produziu perfil de gordura do leite com menores proporções de *C_{16:0}* e maiores proporções de ácidos graxos de cadeia longa (*C_{18:0}*, *C_{18:1}*, *C_{18:2}* e *C_{18:3}*), os quais são considerados mais desejáveis para a saúde humana. A inclusão crescente de CC na dieta também tendeu a aumentar a concentração de *C_{20:0}*, o qual tem mostrado ser benéfico para a saúde de crianças (Dhiman e Zaman, 2001).

Harvatine e Allen (2006a) relataram que o fornecimento de gordura saturada (8,3% de AG na MS da dieta) não aumentou as concentrações de *Cis-9 trans-11C_{18:2}* (CLA), mas a suplementação com gordura insaturada aumentou sua concentração. Para *Trans-10 Cis-12C_{18:2}*, foi observado aumento com os lipídeos saturados, enquanto para os insaturados este ácido graxo apresentou aumento linear. Os autores relataram ainda, que a gordura saturada apresentou pouco efeito sobre o perfil de ácidos graxos, mas o aumento no fornecimento de lipídeos insaturados diminuiu a concentração de ácidos graxos de cadeia curta e média, e causou acréscimo na concentração de alguns ácidos graxos de cadeia longa.

A Figura 18 apresenta o efeito da concentração de *Trans-10 cis-12C_{18:2}* sobre a

percentagem de gordura no leite. As médias nos teores de gordura do leite foram reduzidas nas dietas com inclusão de 6,89 e 7,31% de extrato etéreo (T16 e T24, respectivamente), enquanto as concentrações

de *Trans-10 cis-12C_{18:2}* foram aumentadas numericamente nestas dietas. São necessário estudos adicionais para avaliar possíveis aumentos no teor de *Trans-10 cis-12C_{18:2}* em dietas utilizando castanha de caju.

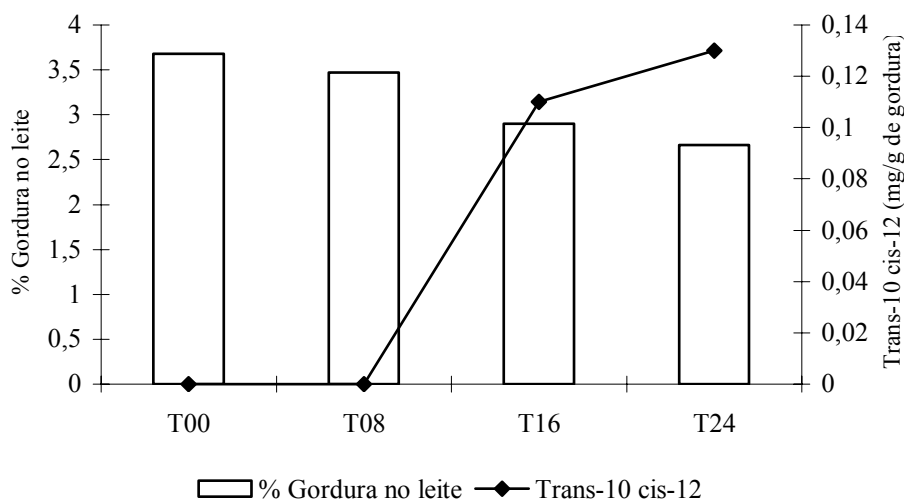


Figura 18. Concentrações de *Trans-10 cis-12C_{18:2}* e a percentagem de gordura no leite de vacas em lactação com diferentes proporções de castanha de caju na dieta.

A concentração de gordura no leite diminuiu à medida que foram observados aumentos nos teores de *Trans-10 cis-12C_{18:2}* e *Trans-11C_{18:1}*, de acordo com outros pesquisadores (Harvatine e Allen, 2006a, Bauman e Griinari, 2003). Esta relação, provavelmente, deveu-se ao aumento no fluxo duodenal deste ácido graxo, mediado pelo do decréscimo na expressão gênica das enzimas lipolíticas, ocasionando redução na síntese de ácidos graxos e triglicerídeos na glândula mamária.

Wascheck (2005) não encontrou diferença sobre as concentrações de *Cis-9 trans-11C_{18:2}* e *Trans-10 cis-12C_{18:2}*, como também para os demais ácidos graxos de cadeia longa em dietas com proporções de 7,5% de extrato etéreo na MS, provenientes do farelo de arroz parboilizado.

Os resultados obtidos na presente pesquisa corroboram com os pesquisadores Santos et al. (2001) ao ressaltarem que a adição de ácidos graxos insaturados na dieta de vacas em lactação pode aumentar de forma natural o CLA e diminuir o teor de gordura no leite, melhorando assim a imagem dos produtos lácteos junto ao consumidor, já que este está preferindo alimentos que possuem menor teor de gordura e sem aditivos, como o CLA adicionado de forma artificial.

O fornecimento de ácidos graxos (5,5% da MS da dieta) oriundos da soja extrusada aumentou a concentração de *Cis-9 trans-11C_{18:2}* (5,89mg/g de gordura) e *Trans-10 cis-12C_{18:2}* (0,79mg/g) em relação à dieta controle (4,60mg/g para *Cis-9 trans-11C_{18:2}* e 0,68mg/g para *Trans-10 cis-12C_{18:2}*), segundo Oliveira (2005). O autor observou que a adição de lipídeos à dieta reduziu o

teor de gordura do leite com concomitante aumento nos teores de *Trans-10 cis-12C_{18:2}*, indicando que este ácido graxo é responsável pela queda na concentração de gordura no leite.

De acordo com a análise de regressão destacaram-se, em função dos coeficientes de determinação e significância estatística ($P < 0,05$), as equações apresentadas na Tabela 27, onde Y é igual à variável em estudo e X se refere ao nível de inclusão de CC ao concentrado (%).

Tabela 27. Equações de regressão, coeficientes de determinação (r^2) e níveis de significância (P) para a concentração de ácidos graxos componentes da gordura do leite de vacas leiteiras com diferentes proporções de castanha de caju na dieta

| Variável | Equação | r^2 | P |
|----------------------------|--------------------------------|-------|-------|
| $C_{6:0}$ | $Y = 25,34 - 0,42X$ | 0,97 | 0,01 |
| $C_{8:0}$ | $Y = 14,35 - 0,28X$ | 0,99 | <0,01 |
| $C_{10:0}$ | $Y = 31,38 - 0,65X$ | 0,98 | <0,01 |
| $C_{11:0}$ | $Y = 2,88 - 0,07X$ | 0,99 | <0,01 |
| $C_{12:0}$ | $Y = 35,60 - 0,70X$ | 0,96 | 0,02 |
| $C_{12:1}$ | $Y = 1,18 - 0,03X$ | 0,95 | 0,02 |
| $C_{14:0}$ | $Y = 115,5 - 1,32X$ | 0,98 | 0,01 |
| $C_{14:1}$ | $Y = 9,82 - 0,25X + 0,006X^2$ | 0,99 | 0,03 |
| $C_{16:0}$ | $Y = 334,52 - 4,36X$ | 0,90 | 0,05 |
| $C_{16:1}$ | $Y = 13,43 - 0,16X$ | 0,99 | <0,01 |
| $C_{17:0}$ | $Y = 4,49 - 0,11X + 0,0003X^2$ | 0,99 | 0,03 |
| $C_{18:0}$ | $Y = 106,83 + 2,18X$ | 0,94 | 0,03 |
| $C_{18:1}$ <i>Trans-11</i> | $Y = 10,36 + 0,78X$ | 0,93 | 0,04 |
| $C_{18:3}$ | $Y = 5,07 + 0,09X$ | 0,97 | 0,02 |
| $C_{20:0}$ | $Y = 0,77 + 0,02X$ | 0,99 | <0,01 |
| Total $C_{17:0}-C_{20:0}$ | $Y = 352,15 + 8,74X$ | 0,96 | 0,02 |

A partir das equações de regressão reportadas na Tabela 27, podemos inferir que para cada 1% de CC adicionada à porção concentrada da dieta as concentrações de ácidos graxos no leite, expressas em mg/g de gordura, diminuíam linearmente 0,42 para $C_{6:0}$; 0,28 para $C_{8:0}$; 0,65 para $C_{10:0}$; 0,07 para $C_{11:0}$; 0,70 para $C_{12:0}$; 0,03 para $C_{12:1}$; 1,32 para $C_{14:0}$; 4,36 para $C_{16:0}$ e 0,16 para $C_{16:1}$.

Enquanto, as concentrações dos ácidos graxos $C_{18:0}$, $C_{18:1}$ *Trans-11*, $C_{18:3}$, $C_{20:0}$ e Total $C_{17:0}-C_{20:0}$, aumentaram linearmente 2,18; 0,78; 0,09; 0,02 e 8,74 mg/g de gordura, respectivamente.

Como não foram observadas alterações no pH ruminal, reforçado pela manutenção na atividade mastigatória na dieta com maior teor de lipídeos, é possível concluir que a

redução no teor de gordura do leite destes animais não se deveu a alterações no ambiente ruminal, como menor aporte de acetato ou β -hidroxibutirato para a glândula mamária, precursores da síntese “de novo”. Possivelmente, a redução deste componente do leite ocorreu devido à inibição da síntese de gordura pela glândula mamária, consequência do fornecimento de ácidos graxos insaturados.

A eficiência de utilização dos alimentos, quantificada por meio da relação entre produção de leite e produção de leite corrigida para 4% de gordura (LCG4%) e consumos de matéria seca total ou matéria seca digestível estão apresentadas na Tabela 28. Não foi observada influência da adição

Tabela 28. Eficiência alimentar com relação à matéria seca ingerida e com relação à matéria seca digestível de vacas em lactação com diferentes proporções de castanha de caju na dieta

| Variáveis | Dietas ¹ | | | | EPM ² | Contrastes ³ | |
|-------------------------|---------------------|------|------|------|------------------|-------------------------|------|
| | T00 | T08 | T16 | T24 | | L | Q |
| PL/IMS ⁴ | 1,40 | 1,45 | 1,49 | 1,43 | 0,04 | 0,49 | 0,54 |
| PL/IMSD ⁴ | 3,00 | 2,58 | 3,44 | 2,98 | 0,11 | 0,78 | 0,94 |
| LCG4%/IMS ⁵ | 1,33 | 1,32 | 1,24 | 1,14 | 0,04 | 0,04 | 0,53 |
| LCG4%/IMSD ⁵ | 2,85 | 2,36 | 2,87 | 2,37 | 0,10 | 0,80 | 0,99 |

¹T00: Dieta sem castanha de caju; T08: Dieta com 8% de CC na porção concentrada; T16: Dieta com 16% de CC na porção concentrada; T24: Dieta com 24% de CC na porção concentrada.

²EPM: Erro padrão da média.

³Contrastes (valor de P): L = Efeito linear; Q = Efeito quadrático.

⁴Produção de leite em relação à MS e MS digestível consumidas.

⁵Produção de leite corrigida para 4% de gordura em relação à MS e MS digestível consumida.

A eficiência alimentar em relação à produção de leite corrigida para 4% de gordura por quilograma de matéria seca total consumida apresentou resposta linear, demonstrando redução na eficiência alimentar com a inclusão de proporções crescentes de CC à dieta, variando de 1,14 na dieta T24 a 1,33 na dieta T00. Duarte et al. (2005) observaram que a eficiência alimentar (considerando LCG4%/IMS) da dieta que continha grão de soja (1,35) não diferiu da dieta controle (1,38), concordando que o presente estudo, que obteve valor médio de 1,26 para esta variável.

Foi obtida a seguinte equação de regressão linear para LCG4%/IMS, com coeficiente de determinação igual a 0,91 e $P < 0,05$:

$$\text{LCG4\%/IMS} = 1,36 - 0,008X, \text{ onde:}$$

X = Nível de inclusão de CC no concentrado.

A equação de regressão estimou uma redução de 0,008 na eficiência alimentar quando calculada a partir de LCG4%/IMS para cada 1% de CC adicionado ao concentrado. A redução desta eficiência é

justificada pela redução do teor de gordura do leite ocasionado pela presença de CC na dieta.

A manutenção da eficiência alimentar confirma a possibilidade de uso da castanha de caju na manutenção de produções elevadas de leite, em substituição ao milho e farelo de soja na dieta.

Considerando os preços do milho moído (R\$ 0,47/kg) e do farelo de soja (R\$ 0,68/kg) e a proporção de substituição destes alimentos pela CC (R\$ 0,20/kg), pode-se estimar que a inclusão de 24% de CC no concentrado em relação à dieta T00, resultaria em uma economia de R\$ 0,13/kg de concentrado (preços obtidos em Fortaleza/CE, comunicação pessoal*). Como o consumo médio de matéria seca dos animais desta pesquisa apresentou valor de 21,30 kg de MS/dia, a inclusão de CC em sua maior proporção resultaria em uma economia de R\$ 1,70/vaca/dia, o que em um mês representaria economia de R\$ 51,12/vaca.

4.4. Conclusões

A inclusão da castanha de caju manteve a produção de leite e a eficiência alimentar, mostrando-se viável como alimento alternativo na formulação de dietas para vacas leiteiras de alta produção.

A manutenção do teor e da quantidade de proteína e a redução do teor de gordura no leite, aliada à redução nas concentrações de ácidos graxos de cadeia curta e aumento nas concentrações dos ácidos graxos de cadeia longa, possivelmente agregou maior valor nutracêutico ao leite, tornando a utilização de castanha de caju excelente alternativa para obtenção de leite com maior benefício à saúde humana.

4.5. Referências Bibliográficas

- BAUMAN, D.E.; GRIINARI, J.M. Nutritional regulation of milk fat synthesis. *Annu. Rev. Nutr.* v. 23, p. 203-227, 2003.
- BUTLER, W.R. Relação entre a concentração de proteína da dieta, ambiente uterino e concepção em vacas leiteiras. In: CURSOS NOVOS ENFOQUES NA PRODUÇÃO E REPRODUÇÃO DE BOVINOS, 8., 2004, Uberlândia. *Anais...* Uberlândia, 2004. p. 101.
- CHOUINARD, Y.P.; CORNEU, L.; BARBANO, D.M.; METZGER, L.E.; BAUMAN, D.E. Conjugated linoléic acid alter milk fatty acid composition and inhibit milk fat secretion in dairy cows. *J. Nutr.*, v. 129, p. 1579-1584, 1999.
- DE PETERS, E.J.; CANT, J.P. Nutritional factors influencing the nitrogen composition of bovine milk: a review. *J. Dairy Sci.*, v. 75, n. 8, p. 2043-2070, 1992.
- DHIMAN, T.R.; ZAMAN, M.S. Manipulação das dietas de vacas em lactação com o objetivo de agregar valor ao leite. In: SIMPÓSIO DE NUTRIÇÃO E PRODUÇÃO DE GADO DE LEITE, 2., 2001, Belo Horizonte. *Anais...* Belo Horizonte: 2001.
- DUARTE, L.M.A.; STUMPF JÚNIOR, W.; FISCHER, V. et al. Efeito de diferentes fontes de gordura na dieta de vacas Jersey sobre o consumo, a produção e a composição do leite. *Rev. Bras. Zootec.*, v. 34, n. 6, p. 2020-2028, 2005.
- HARVATINE, K.J.; ALLEN, M.S. Effects of fatty acid supplements on milk yield and energy balance of lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v. 89, n. 3, p. 1081-1091, 2006a.
- MALAFAIA, P.A.M.; VALADARES FILHO, S.C.; SILVA, J.F.C. et al. Sebo bovino em rações para vacas em lactação. 1. Consumo dos nutrientes, produção e composição do leite. *Rev. Bras. Zootec.*, v. 25, n. 1, p. 153-163, 1996.
- NUTRIENT requirements of dairy cattle - NRC. 6. ed. Washington D.C.: National Academic Press, 1989. 158p.
- NUTRIENT requirements of dairy cattle - NRC. 7. Ed. Washington, DC: National Academy Press, 2001. 381p.
- OLIVEIRA, M.A. *Proporção de forragem e teor de lipídeos na dieta de vacas leiteiras: consumo, produção e composição do leite.* 2005. 54 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG.
- PIMENTEL, P.G. *Consumo de matéria seca e nutrientes, produção de leite e indicadores de estresse térmico de vacas pardo-suíço alimentadas com diferentes níveis de castanha de caju no semi-árido.* 55f. 2002. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE.
- REIS, R.B.; GLÓRIA, J.R.; VIEIRA, L.R. et al. Manipulação da composição do leite pela nutrição da vaca. In: SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO DE LEITE: NUTRIÇÃO, REPRODUÇÃO E QUALIDADE, 1., 2005,

Belo Horizonte. *Anais...* Belo Horizonte: 2005. (EM CDROM).

SANTOS, F.L.; LANA, R.P.; SILVA, M.T.C. et al. Produção e composição do leite de vacas submetidas a dietas contendo diferentes níveis e formas de suplementação de lipídios. *Rev. Bras. Zootec.*, v. 30, n. 4, p. 1376-1380, 2001.

SAS. User guide: statistics. *Version 6.12*. Cary, NC: SAS Institute., 1996.

TYRRELL, H.F.; REID, J.T. Prediction of the energy value of cow's milk. *J. Dairy Sci.*, v. 48, p. 1215, 1965.

VALADARES FILHO, S.C., BRODERICK, G.A., VALADARES, R.F.D. et al. Effect of

replacing alfafa silage with high moisture corn on nutrient utilization and milk production. *J. Dairy Sci*, v. 83, n. 1, p. 106-114, 2000.

VARGAS, L.H.; LANA, R.P.; JHAM, G.N. et al. Adição de lipídios na ração de vacas leiteiras: parâmetros fermentativos ruminais, produção e composição do leite. *Rev. Bras. Zootec.*, v. 31, n. 1, p. 522-529, 2002 (Suplemento).

WASCHECK, R.C. *Potencial do arroz parboilizado na alimentação de vacas leiteiras*. 2005. 90f. Tese (Doutorado em Ciência Animal) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.