**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Tamanho de partículas da cana-de-açúcar *in natura* na alimentação de
vacas e cabras em lactação**

Vanessa Pillon dos Santos

Tese apresentada para obtenção do título de Doutor em
Ciências. Área de concentração: Ciência Animal e
Pastagens

**Piracicaba
2010**

Vanessa Pillon dos Santos
Zootecnista

Tamanho de partículas da cana-de-açúcar *in natura* na alimentação de vacas e cabras em lactação

Orientador:
Prof. Dr. **LUIZ GUSTAVO NUSSIO**

Tese apresentada para obtenção do título de Doutor em Ciências. Área de concentração: Ciência Animal e Pastagens

**Piracicaba
2010**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - ESALQ/USP**

Santos, Vanessa Pillon dos

Tamanho de partículas da cana-de-açúcar *in natura* na alimentação de vacas e cabras em lactação / Vanessa Pillon dos Santos. - - Piracicaba, 2010.
119 p. : il.

Tese (Doutorado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2010.

1. Alimentação animal 2. Cabras 3. Cana-de-açúcar 4. Comportamento animal
5. Fibras vegetais 6. Nutrição animal 7. Vacas I. Título

CDD 636.2085
S237t

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor"

“A Deus, que nas horas difíceis não me abandonou e abriu minha mente e minha visão e iluminou meu caminho diante das lutas.”

“Aos meus pais, José Vicente e Aparecida, pelo exemplo de proteção, dedicação, força e perseverança para a realização deste trabalho. Em que mesmo que eu já tivesse desistido, eles acreditaram em mim.”

“Aos meus irmãos, Cristiano e Luana, por estarem sempre ao meu lado mesmo distantes.”

“Aos meus Avós paternos, Manoel Paes dos Santos (in memorian) e Rosita da Silva Leal”, que foram os grandes incentivadores para a escolha dessa profissão maravilhosa.

“Aos meus Avós maternos, Ferdinando Pillon (in memorian) e Rosa Borgui Pillon”.

“A toda a minha família que direta ou indiretamente me auxiliaram para que esse momento acontecesse”.

MUITO OBRIGADA!

DEDICATÓRIA

*Gostaria de dedicar este trabalho especialmente a Gisele Bonato Muraro (in memoriam) e a Eros Rodrigo Milanez de Freitas que sempre me incentivaram e me ensinaram que **“Só por Hoje tentarei viver somente este dia e não tentarei solucionar todos os problemas da minha vida de uma só vez”** e com isso passaram a ser minhas pedras preciosas.*

AGRADECIMENTOS

A Deus, a quem sempre recorri em momentos de necessidade, e fui atendida, tendo meus pedidos realizados.

À Escola de Agricultura “Luiz de Queiroz” (USP/ESALQ), especialmente ao Departamento de Zootecnia – Setor de Ruminantes

Ao Prof. Dr. Luiz Gustavo Nussio pela orientação, condução do projeto, acompanhamento e principalmente paciência em todas as atividades desenvolvidas durante o curso.

Ao Conselho Nacional de Pesquisa (CNPQ) pela concessão da bolsa de estudos.

À empresa Menta Mit Máquinas Agrícolas pelo fornecimento das máquinas para o desenvolvimento dos experimentos.

Aos Profs. Flávio Augusto Portela Santos; Wilson Mattos; Ivanete Susin; Gerson Barreto Mourão; Carla Maris Machado Bittar do Departamento de Zootecnia da USP/ESALQ pela co-orientação, grande auxílio, sugestões, paciência, amizade e por suas valiosas experiências durante o decorrer do curso.

Ao coordenador do Centro de Treinamento (USP/ESALQ) Dr. Marco Antônio Penati e a Prof. Dr. Kátia de Oliveira (Departamento de Nutrição Animal, UNESP/Dracena) que auxiliaram na elaboração dos projetos na fase de campo.

Aos grupos de Qualidade e Conservação de Forragens (QCF); Clube de Práticas Zootécnicas (CPZ) e Sistema Intensivo de Produção de Ovinos e Caprinos (SIPOC) pelo carinho nas realizações das tarefas no campo, que não poderiam ser realizadas de forma alguma individualmente.

Aos amigos e companheiros profissionais da equipe de “Qualidade e Conservação de Forragens”, Sergio Gil (Porcão), Ana Luiza B. Schogor, Gisele Bonato Muraro (*in memorian*), Rodrigo da Silva Goulart, Maity Zopollatto (Puki), Rafael Camargo do Amaral, João Luiz Pratti Daniel, Edward Hernando Cabezas Garcia, Janaina Rosolem Lima, Adir de Sá Neto pelo apoio, amizade, companheirismo e auxílio na condução das atividades durante o curso. Aos estagiários Fernando Tivelli, William Souza Filho, Luciana Tatit (Surukuku), Bruna

Queiroz (K-lha) e todos aqueles que passaram pelo Departamento durante a condução dos experimentos.

À funcionária Tânia pelo carinho e amizade.

Ao funcionário do Laboratório de Bromatologia do Departamento de Zootecnia, Carlos César Alves, pela amizade e colaboração durante as análises laboratoriais e no decorrer do curso.

À todos os professores e funcionários do Departamento de Zootecnia pelos ensinamentos.

A IEP - A Voz de Deus e Ministério de Louvor e seus membros: Pra Zilma, Pr Paulo e a Ir. Maria do Carmo. Ao Grupo Familiar Nar-Anom e as amizades construídas durante toda minha estadia na cidade de Piracicaba. A companheira de República Aline Zampar que me ensinou que sempre manter a harmonia do ambiente é a melhor forma para se viver. Ao casal de amigos Eva e Laureano que fizeram a diferença em todos os momentos.

A todos que, de alguma forma, fizeram parte desta fase da minha vida, participando direta ou indiretamente na realização dos trabalhos ou simplesmente dividindo momentos fora do ambiente de trabalho.

MUITO OBRIGADA!

Salmo 91

*Aquele que habita no esconderijo do Altíssimo,
à sombra do Onipotente descansará.*

Direi do Senhor:

Ele é o meu Deus, o meu refúgio, a minha fortaleza, e nele confiarei.

*Porque Ele te livrará do laço do passarinho,
e da peste perniciosa.*

*Ele te cobrirá com as suas penas,
e debaixo das suas asas estarás seguro:
a sua verdade é escudo e broquel.*

*Não temerás espanto noturno, nem seta que voe de dia,
nem peste que ande na escuridão,
nem mortandade que assale ao meio dia.
Mil cairão ao teu lado, e dez mil à tua direita
mas tu não serás atingido,*

Somente com os teus olhos olharás, e verás a recompensa dos ímpios.

*Porque tu, ó Senhor, és o meu refúgio,
o Altíssimo é a tua habitação.*

*Nenhum mal te sucederá,
nem praga alguma chegará a tua tenda.*

*Porque aos seus anjos dará ordem a teu respeito,
para te guardarem em todos os teus caminhos,
eles te sustentarão nas suas mãos,
para que não tropeces com o teu pé em pedra.*

*Pisarás o leão e o áspide,
calcarás aos pés o filho do leão e a serpente.*

*Pois que tão encarecidamente me amou, também Eu o livrarei,
pô-lo-ei num alto retiro, porque conheceu o meu nome.*

*Ele me invocará, e Eu lhe responderei,
estarei com ele na angústia, livra-lo-ei e o glorificarei.*

*Dar-lhe-ei abundância de dias,
e lhe mostrarei a minha salvação.*

Amém !

SUMÁRIO

RESUMO.....	13
Abstract	15
LISTA DE FIGURAS	17
LISTA DE TABELAS	19
LISTA DE ABREVIATURAS.....	21
LISTA DE SIGLAS	23
1. INTRODUÇÃO.....	25
2. REVISÃO bibliográfica.....	27
2.1. Cana-de-açúcar na alimentação de ruminantes	27
2.2. Tamanho de partícula e concentração de fibra em detergente neutro.....	30
2.3. Efetividade da fibra	31
2.4. Comportamento ingestivo	34
2.5. Índice de seleção	36
Referências	38
3. TAMANHO MÉDIO DE PARTÍCULA DE RAÇÕES CONTENDO CANA-DE-AÇÚCAR IN NATURA NO DESEMPENHO DE VACAS LEITEIRAS.....	42
Resumo.....	42
Abstract	43
3.1. Introdução.....	44
3.2. Desenvolvimento	45
3.2.1. Local, clima e instalações experimentais	45
3.2.2. Período experimental	46
3.2.3. Animais	46
3.2.4. Rações experimentais.....	47
3.2.5. Coleta das amostras do volumoso e das rações totais	49
3.2.6. Avaliação do tamanho médio de partícula	50
3.2.7. Índice de seleção	51
3.2.8. Comportamento Ingestivo	51
3.2.9. Determinação da produção e composição do leite e pesagem dos animais.....	52
3.2.10. Coleta de sangue	53
3.2.11. Delineamento experimental e análise estatística	53
3.3. Resultados.....	55
3.3.1. Consumo de nutrientes	55
3.3.2. Composição do leite.....	58
3.3.3. Índice de seleção	61
3.3.4. Comportamento ingestivo	63
3.4. Discussão	65
3.5. Conclusões	73
Referências	74

4. TAMANHO MÉDIO DE PARTÍCULA DE RAÇÕES CONTENDO CANA-DE-AÇÚCAR <i>IN NATURA</i> OU SILAGEM DE MILHO NO DESEMPENHO DE CABRAS LEITEIRAS	80
Resumo	80
Abstract.....	81
4.1. Introdução	82
4.2. Desenvolvimento	83
4.2.1. Local, clima e instalações experimentais.....	83
4.2.2. Período experimental.....	84
4.2.3. Animais.....	84
4.2.4. Rações experimentais	85
4.2.5. Coleta das amostras dos volumosos e das rações totais	88
4.2.6. Avaliação do tamanho médio de partícula.....	88
4.2.7. Fibra em detergente neutro fisicamente efetiva.....	89
4.2.8. Índice de seleção.....	89
4.2.9. Comportamento ingestivo.....	89
4.2.10. Determinação da produção, composição do leite e pesagem dos animais .	90
4.2.11. Coleta de sangue.....	91
4.2.12. Delineamento experimental e análise estatística.....	91
4.3. Resultados	93
4.3.1. Consumo de nutrientes.....	93
4.3.2. Índice de seleção.....	96
4.3.3. Comportamento ingestivo.....	98
4.3.4. Composição do leite	102
4.4. Discussão	106
4.5. Conclusões.....	114
Referências.....	115

RESUMO

Tamanho de partículas da cana-de-açúcar *in natura* na alimentação de vacas e cabras em lactação

Os objetivos deste estudo foram avaliar o efeito do tamanho médio de partícula (TMP) de rações contendo cana-de-açúcar sobre o desempenho de vacas e cabras em lactação e desenvolver equações que estimem a associação do TMP com algumas variáveis de desempenho. As vacas foram alimentadas em três lotes, com 10 animais cada. A ração total foi constituída de 11,2 % de PB e relação FDN/CNF de 1,45. Os tamanhos de partículas da cana-de-açúcar variaram entre 4,75 e 15,90 mm. Foram avaliados o CMS, o comportamento ingestivo, a produção e a composição do leite. O CMS ($\text{kg} \cdot \text{dia}^{-1}$) foi avaliado por lote e as demais medidas eram realizadas individualmente. A variável CMS apresentou regressão quadrática ($P = 0,0472$) indicando inicialmente que com o aumento do TMP o CMS foi reduzido. Para o CFDN também foi encontrada regressão quadrática ($P = 0,0004$), e aumentos no TMP podem diminuir o consumo total das fibras. Pôde-se verificar adequação para regressão linear no teor de gordura do leite (kg ; $P = 0,0360$) e proteína do leite (kg ; $P = 0,0360$). As equações demonstraram que a PL e a porcentagem de gordura do leite são diminuídas quando associadas ao aumento do TMP. Para o índice de seleção (IS) foi observado ajuste linear para a peneira Y1 e Y2. O modelo sugere que maiores tamanhos de partículas aumentam o IS. Efeito quadrático foi observado para o tempo de mastigação por unidade de MS ($P=0,0479$). O modelo gerado indicou que maiores tamanhos de partículas promovem aumento no tempo de mastigação por kg de MS. As cabras foram alimentadas com rações contendo cana-de-açúcar ou silagem de milho com 15,7 e 16,1 % PB e relação FDN/CNF de 1,44 e 1,47, respectivamente. As cabras foram alimentadas e avaliadas individualmente e os TMP variaram entre 5,50 e 10,05 mm para as rações contendo cana-de-açúcar e de 6,88 e 7,95 mm para rações contendo SM. Apenas para o CMS em relação a % do peso vivo (PV) foi ajustada equação de regressão linear ($P = 0,0443$). Esse ajuste indicou que o aumento do TMP pode promover aumento no CMS (% PV) para a cana-de-açúcar. Ajustes para o modelo de regressão em relação ao IS foram observados apenas para rações contendo cana-de-açúcar e revelaram que o aumento do TMP nas frações Y1 e Y3 diminuiu o IS. O comportamento observado para o tempo de ruminação e mastigação por kg de FDN foi quadrático demonstrando tendência à diminuição desses parâmetros conforme o TMP é aumentado. A FDNfe foi de 43,10% para a cana-de-açúcar e 34,82% para a silagem de milho. Houve ajuste para equação de regressão quadrática para a relação gordura:proteína ($P = 0,0423$), em que maiores TMP aumentaram essa relação. As concentrações NUL, NUP e glicose plasmática não apresentaram nenhum ajuste para a análise de regressão. Portanto, nessas condições de estudo, o emprego da avaliação do TMP nos sistemas de produção deve ser incluído.

Palavras-chave: Comportamento; Características físicas; Índice de seleção; Fibra em detergente neutro; Fibra efetiva

ABSTRACT

Particle size of fresh sugarcane fed to for lactating cows and goats

This study aimed to evaluate the effect of mean particle size (MPS) of diets containing sugarcane on the performance of lactating cows and goats and to develop equations to estimate the association of MPS with some variables of performance. The cows were fed in three lots, with 10 animals each. The total diet consisted of 11.2% crude protein (CP) and a NDF/nonfiber carbohydrates (NFC) ratio of 1.45. The sugarcane particle sizes varied between 4.75 and 15.90 mm. There were evaluated the dry matter intake (DMI), feeding behavior, milk production and composition. The DMI ($\text{kg}\cdot\text{day}^{-1}$) was evaluated by batches and further measures were taken individually. The DMI showed quadratic regression ($P = 0.0472$) indicating initially that with MPS increase, the DMI was reduced. For the NDF intake (NDFI) it was also observed a quadratic regression ($P = 0.0004$), and increases in MPS can reduce total fiber intake. It could be verified adequacy for a linear regression for milk fat content (kg; $P = 0.036$) and milk protein (kg; $P = 0.036$). The equations showed that milk protein and fat content (%) decreased when associated to an increase in MPS. For the selection index (SI) it was observed a linear adjustment for the sieves Y1 and Y2. The model suggests that higher particle sizes increase the SI. Quadratic effect was observed for chewing time per unit of DM ($P = 0.0479$). The generated model indicated that higher particle sizes promote increase in chewing time per kg of DM. The goats were fed with diets containing sugarcane or corn silage with 15.7 and 16.1% CP and NDF/NFC, 1.44 and 1.47, respectively. The goats were fed and evaluated individually and MPS ranged between 5.50 and 10.05 mm for the diets containing sugarcane and 6.88 mm and 7.95 for diets containing corn silage (CS). Only for DMI in relation to body weight (BW) percentage the linear regression was adjusted ($P = 0.0443$). This adjustment indicated that the MPS increases can result in increases of sugarcane DMI (% BW). Adjustments for the regression model in relation to SI were observed only for diets containing sugarcane and revealed that the increase in the MPS of the Y1 and Y3 fractions reduced the SI. The pattern observed for ruminating and chewing time per kg of NDF was quadratic demonstrating a tendency for reduction of these parameters as MPS increases. The physically effective NDF of diets were 43.10 for sugarcane and 34.82 for CS. Quadratic equation was adjusted for fat:protein relation ($P = 0.0423$), where higher MPS increased this relation. The MUN, PUN and plasmatic glucose concentrations didn't show any adjustment for the regression analyses. Therefore, under these study conditions, the MPS should be included in the evaluation of production systems.

Keywords: Behavior; Physical characteristics; Selection index, Neutral detergent fiber, Effective fiber

LISTA DE FIGURAS

- Figura 3.1. – Foto aérea com a disposição dos piquetes, cochos e a localização dos bebedouros (B)45
- Figura 3.2 – (A) Picadora estacionária marca Menta SUPER 20T[®] e (B) picadora/desintegradora de resíduos florestais CONFIMENTA 600RF[®], montada no trator47
- Figura 3.3 – Separador de partículas, modelo PSPSS (University Park, PA) adaptado de Mari e Nussio (2002). Y1 = retenção de partículas maiores que 38 mm; Y2 = retenção de partículas de 19-38 mm; Y3 = retenção de partículas de 7,9 mm e Y4 = fundo fechado, retenção de partículas com diâmetro inferior a 7,9 mm50
- Figura 3.4 – Regressão quadrática do consumo de matéria seca (CMS kg.dia⁻¹) e fibra em detergente neutro (CFDN kg.dia⁻¹) predito e observado em relação ao tamanho médio de partícula57
- Figura 3.5 – Regressão quadrática do CFDN kg.dia⁻¹, do CFDA kg.dia⁻¹ e do CEMI associado ao tamanho médio de partícula57
- Figura 3.6 – Regressão quadrática do consumo de extrato etéreo (CEE kg.dia⁻¹) e matéria mineral (CMM kg.dia⁻¹) em relação ao tamanho médio de partícula58
- Figura 3.7 – Regressão quadrática da produção, gordura, proteína, sólidos totais e nitrogênio uréico do leite (PL, gordura; kg.dia⁻¹; proteína; %) e do consumo de fibra em detergente neutro (CFDN kg.dia⁻¹) em relação ao tamanho médio de partícula60
- Figura 3.8 – Índice de seleção (%) da fração Y1 e Y2 de rações contendo cana-de-açúcar processada62
- Figura 3.9 – Regressão quadrática do tempo de ingestão (minutos por dia), tempo de mastigação por kg de matéria seca (Min/kg MS M), tempo de ingestão por kg de matéria seca (Min/kg MS I) e por kg de fibra em detergente neutro ingerindo (Min/kg FDN I) em relação ao tamanho médio de partícula.....65
- Figura 4.1 – Baías individuais, comedouro e bebedouro.....84
- Figura 4.2 – Regressão linear do consumo de matéria seca em relação ao peso vivo (CMS, %PV) estimado em relação ao tamanho médio de partícula de rações contendo silagem de milho (SM) ou cana-de-açúcar95
- Figura 4.3 – Índice de seleção das frações Y1, Y2 e Y3 de rações contendo cana-de-açúcar processada em TMP entre 5,5 e 10,05 mm98

Figura 4.4 – Porcentagem de retenção das frações Y1, Y2, Y4 e Y4 em relação ao tamanho médio de partículas	101
Figura 4.5 – Regressão quadrática do tempo de ingestão por kg de MS (Min/kg MS M) e FDN (Min/kg FDN M) tempo de ruminação por kg de FDN (Min/kg FDN R) tempo de mastigação por kg de FDN (min/kg FDN M)	102
Figura 4.6 – Regressão linear da produção de leite corrigida para 3,5 % de gordura (PLCG 3,5%) estimada em relação ao tamanho médio de partícula de rações contendo silagem de milho (SM) ou cana-de-açúcar	104
Figura 4.7 – Regressão quadrática da quantidade de gordura (g.dia^{-1}) e a relação entre gordura e proteína estimada em relação ao tamanho médio de partícula de rações contendo cana-de-açúcar (CANA) ou silagem de milho (SM)	105

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 – Dados climáticos durante o período experimental.....	46
Tabela 3.2 – Caracterização das vacas utilizadas no início do período	46
Tabela 3.3 – Proporção dos ingredientes e composição bromatológica das rações experimentais	48
Tabela 3.4 – Composição bromatológica dos ingredientes utilizados nas rações experimentais	49
Tabela 3.5 – Distribuição das partículas da cana-de-açúcar, das sobras e da ração total fornecida e para vacas em lactação alimentadas com rações contendo cana-de-açúcar processada mecanicamente sob vários tamanhos de partículas.....	55
Tabela 3.6 – Equações de regressão das variáveis de consumo de nutrientes de vacas em lactação alimentadas com rações contendo cana-de-açúcar processada mecanicamente sob vários tamanhos de partículas	56
Tabela 3.7 – Valores de consumo de nutrientes de vacas em lactação alimentadas com rações contendo cana-de-açúcar processada mecanicamente sob vários tamanhos de partículas das rações contendo cana-de-açúcar.....	56
Tabela 3.8 – Equações de regressão da produção e composição do leite de vacas em lactação alimentadas com rações contendo cana-de-açúcar processada mecanicamente sob vários tamanhos de partículas	59
Tabela 3.9 – Valores médios da composição de leite e do plasma sanguíneo de vacas alimentadas com rações contendo cana-de-açúcar processada mecanicamente sob vários tamanhos de partículas.....	61
Tabela 3.10 – Equações de regressão linear sobre o índice de seleção (%) de vacas em lactação alimentadas com rações contendo cana-de-açúcar processada mecanicamente sob vários tamanhos de partículas	62
Tabela 3.11 – Comportamento ingestivo de vacas em lactação alimentadas com rações contendo cana-de-açúcar processada mecanicamente sob vários tamanhos de partículas.....	63
Tabela 3.12 – Equações de regressão das variáveis de comportamento ingestivo de vacas em lactação alimentadas com rações contendo cana-de-açúcar processada mecanicamente sob vários tamanhos de partículas	64
Tabela 4.1 – Dados climáticos durante o período experimental.....	84
Tabela 4.2 – Caracterização das cabras utilizadas no experimento	85

Tabela 4.3 – Proporção dos ingredientes e composição bromatológica das rações experimentais.....	87
Tabela 4.4 – Estratificação das partículas da cana-de-açúcar, silagem de milho e ração total fornecida para cabras em lactação	93
Tabela 4.5 – Distribuição das partículas das sobras das rações contendo cana-de-açúcar ou silagem de milho fornecidas para cabras em lactação	94
Tabela 4.6 – Consumo de nutrientes de cabras em lactação de rações contendo cana-de-açúcar ou silagem de milho.....	94
Tabela 4.7 – Equações de regressão para rações contendo cana-de-açúcar ou silagem de milho processadas no consumo de matéria seca em relação ao peso vivo.....	95
Tabela 4.8 – Efeito do processamento da cana-de-açúcar e do fornecimento da silagem de milho para cabras leiteiras sobre o índice de seleção em relação as frações representadas pelas peneiras.....	97
Tabela 4.9 – Equações de regressão para rações contendo cana-de-açúcar processadas em relação ao índice de seleção.....	97
Tabela 4.10 – Valores médios do comportamento ingestivo de cabras leiteiras recebendo rações contendo cana-de-açúcar ou silagem de milho em relação ao tamanho médio de partícula (mm).....	99
Tabela 4.11 – Equações de regressão do comportamento ingestivo de cabras leiteiras recebendo rações contendo cana-de-açúcar processada ou silagem de milho	100
Tabela 4.12 – Valores médios da composição do leite de cabras leiteiras recebendo rações contendo cana-de-açúcar ou silagem de milho em relação ao tamanho médio de partícula (mm).....	103
Tabela 4.13 – Equações de regressão da composição do leite de cabras leiteiras recebendo rações contendo cana-de-açúcar processada ou silagem de milho	104
Tabela 4.14 – Concentrações médias de glicose, nitrogênio uréico plasmático e variações no peso corporal das cabras no início da lactação alimentadas com as rações experimentais	105

LISTA DE ABREVIATURAS

CFDA	Consumo de fibra em detergente ácido
CFDN	Consumo de fibra em detergente neutro
CHEMI	Consumo de hemicelulose
CMM	Consumo de matéria mineral
CMS	Consumo de matéria seca
CPB	Consumo de proteína bruta
CTRH	Centro de Treinamento de Recursos Humanos
DP	Desvio padrão
ESALQ	Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”
ESD	Extrato seco desengordurado
FDA	Fibra em detergente ácido
FDN	Fibra em detergente neutro
FDNe	Fibra em detergente neutro efetivo
FDNfe	Fibra em detergente neutro fisicamente efetiva
G:P	Relação gordura: proteína
IS	Índice de seleção
MM	Matéria mineral
MS	Matéria seca
ns	Não significativo
NUL	Nitrogênio uréico no leite
NUP	Nitrogênio no plasma sanguíneo
P	Probabilidade
PB	Proteína bruta
<i>pef</i>	Fator de efetividade de fibra
PL	Produção de leite
PLCG 3,5	Produção de leite corrigida para 3,5% de gordura
PSPSS	<i>Penn State Particle Size Separator</i>
RT	Ração total
SIPOC	Sistema Intensivo de Produção de Ovinos e Caprinos

SM	Silagem de milho
ST	Sólidos totais
TMP	Tamanho médio de partícula (mm)
USP	Universidade de São Paulo
Yx	Fração Y1, Y2, Y3 ou Y4 do <i>Penn State Particle Size Separator</i>

LISTA DE SIGLAS

%	Porcentagem
d	Dia
dL	Decilitro
h	Horas
kg	Quilogramas
m	Metros
mg	Miligramas
min	Minutos
mm	milímetros
pH	Potencial hidrogeniônico
PV	Peso vivo
R ²	Coeficiente de determinação
Ŷ	Valor predito

1. INTRODUÇÃO

Argumenta-se que diferenças nas características químicas e físicas da fibra dos alimentos disponíveis para a formulação de ração, possam ter influência direta sobre o desempenho dos animais e interferir significativamente na determinação das exigências de fibra para ruminantes. Na prática, alguma dificuldade pode ser encontrada quando se utiliza a composição química da fibra como nos modelos para predição das exigências. Sendo assim, esforços têm sido direcionados no sentido de avaliar parâmetros quantitativos de fácil mensuração e que possam ser utilizados nesses modelos.

A proposta é que a efetividade física da fibra possa ser utilizada como parâmetro na determinação da exigência de fibra pelo ruminante. Para isso, dois termos foram introduzidos para distinguir entre a habilidade do alimento estimular a atividade de mastigação e sua capacidade na manutenção da porcentagem de gordura do leite, sendo eles: a fibra em detergente neutro efetiva (FDNe) e a FDN fisicamente efetiva (FDNfe). De acordo com esses conceitos, o tamanho de partícula sob o qual os alimentos são processados é uma das características que podem ser avaliadas. Isto devido à influência direta que o tamanho de partícula apresenta sobre a seletividade e o consumo de alimentos, bem como em relação às alterações causadas no comportamento ingestivo dos animais (MERTENS, 1997; ARMENTANO; PEREIRA, 1997; NRC, 2001).

Como volumoso suplementar, a cana-de-açúcar vem destacando-se principalmente por apresentar seus maiores índices de produtividade na época de escassez de forragem. Além disso, a cana-de-açúcar está entre as principais culturas do setor agrícola brasileiro, cultivada principalmente nas regiões centro-sul, norte e nordeste (PROCANA, 2009). A estimativa para a produção nacional total para o ano de 2010/2011 é de 664 milhões de toneladas, sendo que aproximadamente 10% dessa produção são destinadas para a alimentação animal (LANDELL, 2002).

Entretanto, a cana-de-açúcar apresenta baixo valor nutritivo decorrente de evidências contundentes de erros de manejo, expressando baixo consumo

voluntário dos animais devido as suas limitações nutricionais (proteína, lipídeos e minerais) e físicas (tamanho de partículas). Dessa forma, quando se trata das limitações físicas da cana-de-açúcar, quanto ao comportamento ingestivo e o desempenho animal, os conceitos de efetividade de fibra podem ser de grande importância.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Cana-de-açúcar na alimentação de ruminantes

No Brasil, os estudos com animais alimentados com cana-de-açúcar foram iniciados por volta do século XIX por Nicolau Athanassof. No entanto, durante as décadas de 1960 e 1970 estudos caracterizaram menor valor nutritivo da cana-de-açúcar por meio de ensaios de digestibilidade e desempenho. Com isso, impactou-se movimento organizado contra a sua utilização no Estado de São Paulo e outras regiões (MATTOS, 2003). Ainda assim, a cana-de-açúcar se destacou desde então como forrageira suplementar para os rebanhos.

Fatores limitantes para a utilização da cana-de-açúcar estão relacionados ao corte e transporte de grandes quantidades dessa forrageira. A introdução do corte mecanizado ocasionou agilidade operacional na utilização da cana, contudo os equipamentos disponíveis no mercado são geralmente adaptados de outras culturas, apresentando baixo rendimento e necessidade freqüente de manutenção.

Devido à necessidade de maquinário adequado para esta cultura, estudos têm sido realizados com o intuito de avaliar a eficácia dos mesmos na operação de colheita (SCHOGOR, et al. 2009). Outro parâmetro que tem despertado interesse para a comunidade científica é a influência do grau de processamento da cana-de-açúcar no desempenho de ruminantes. Montpellier e Preston (1977) conduziram um dos trabalhos pioneiros avaliando a influência do grau de moagem do fornecimento da cana-de-açúcar no desempenho de bovinos de corte. Os autores não verificaram importância da redução do tamanho de partículas sobre o consumo voluntário e a digestibilidade da MS.

No entanto, Balsalobre; Fernandes; Santos (1999), questionaram qual seria o tamanho de partícula desejado em rações contendo cana-de-açúcar. Neste trabalho, os autores relataram algumas sugestões para a manipulação da FDN e do tamanho de partícula. De acordo com revisão realizada por Allen (1995), a sugestão de faixa ótima para a concentração de FDN seria de 25 a 35%. Sendo assim, ao formular uma ração com 25% de FDN o tamanho de partícula recomendado deveria ser longo e rações com 35% de FDN deveriam utilizar menores tamanhos.

A recomendação nesses casos para a cana-de-açúcar seria o menor tamanho de partícula possível por se constituir em fonte com cerca de 50% de FDN de alta efetividade. Dessa forma, rações com concentrados convencionais (milho e farelo de soja) contendo em torno de 50% de volumoso, apresentariam valores de FDN acima de 35%. Já no caso da inclusão de subprodutos com altos níveis de FDN, como polpa cítrica que apresenta aproximadamente 23% de FDN, mesmo em dietas com menor proporção de volumoso (30%), o nível de FDN dietético deveria ser maior que 30%.

Quanto à atividade de mastigação (min.dia^{-1} ou min.kg^{-1} de MS), Mendonça et al. (2002), alimentaram vacas em lactação com silagem de milho ou cana-de-açúcar nas proporções de volumoso de 60 ou 50%. Os autores observaram que o tempo de ingestão e ruminação não foi diferente entre os tratamentos. Porém, os animais alimentados com rações contendo silagem de milho ficaram menor tempo em ócio, resultando em maior consumo de MS.

Shaver et al. (1988), encontraram que a distribuição das partículas da digesta dos animais alimentados tanto com o feno de alfafa longo como o processado foram semelhantes. Este comportamento indica que quando a forragem fornecida tem alto valor nutritivo, existe pouca influência do processamento do alimento. O mesmo aconteceu para a atividade de mastigação, em que o fornecimento do feno de alfafa longo ou processado não modificou esse parâmetro.

No entanto, Firkins (2002) ao analisar a importância do tamanho de partículas sobre a otimização da função ruminal, concluiu que tal avaliação é de grande importância para melhor entendimento das modificações na fermentação microbiana ruminal.

Além do efeito positivo ou negativo sobre a atividade de mastigação, a menor digestibilidade da FDN da cana-de-açúcar também pode limitar o consumo de MS e a produção de leite. Essa variável é explicada pelo efeito de repleção da FDN, ocasionado pela baixa taxa de degradação da FDN potencialmente digestível e pela elevada concentração de FDN indigestível (PEREIRA et al., 2002), o que eleva o tempo de retenção ruminal da fibra da cana-de-açúcar.

O comportamento ingestivo dos animais pode ser alterado pela quantidade de fibra efetiva e pelo tamanho de partícula dos diversos alimentos, podendo também explicar variações na porcentagem de gordura do leite. No entanto, Lima (2003) não encontrou efeitos significativos nos tempos de ruminação e mastigação de rações com diferentes porcentagens de FDN sobre o teor de gordura do leite.

Em relação ao uso da cana-de-açúcar para pequenos ruminantes, poucos são os dados reportados na literatura. Susin (1996) relatou que as características agrícolas da região de Piracicaba permitiram que a cana-de-açúcar se tornasse fonte de alimento muito promissora para a alimentação animal. Mesmo porque a cultura da cana-de-açúcar é facilmente estabelecida o que promove investimento seguro.

Gentil et al. (2007) avaliaram o desempenho de cabras no início de lactação fornecendo rações com cana-de-açúcar fresca e ensilada com uréia e *L. buchneri*, sobre o consumo de MS (kg.dia^{-1}), produção de leite (kg.dia^{-1}) e gordura do leite (%). As rações constituídas de cana-de-açúcar *in natura* apresentaram concentração de FDN de 31,0% e os valores observados para o CMS, produção e gordura do leite foram de 2,43 kg.dia^{-1} ; 2,07 kg.dia^{-1} e 3,2 %, respectivamente. Cabral et al. (2009) avaliaram o desempenho de cabras com a substituição parcial do feno de tifton pela cana-de-açúcar nas proporções de 25, 50, 75 e 100%. Neste trabalho, a cana-de-açúcar foi picada para obter tamanho médio de partícula de 7 mm. Os autores observaram que a substituição do feno (tamanho médio de partícula de 5 mm) pela cana-de-açúcar diminuiu linearmente o CMS, a produção e a gordura do leite, sendo os valores desses parâmetros do feno de tifton vs a cana-de-açúcar de: 2,49 vs 2,14 kg.dia^{-1} ; 4,1 vs 3,3 kg.dia^{-1} e 2,75 vs 2,61%, respectivamente. Ao comparar esses resultados com os encontrados por Carvalho et al. (2006), que estudaram diferentes níveis de FDN proveniente de forragem (feno de Tifton 85), porém com menor nível de fibra (30,18% FDN), os autores observaram valores maiores para as mesmas variáveis, o que foram de 2,78 kg.dia^{-1} ; 3,95 kg.dia^{-1} e 3,26 %, respectivamente.

Portanto, a análise conjunta dos dados disponíveis sugere a predisposição que a cana-de-açúcar apresenta em limitar o consumo voluntário dos animais. Dentre as diferentes características que parecem modular a ingestão de rações

contendo cana-de-açúcar, além da composição química intrínseca, destaca-se o tamanho médio de partículas decorrente de seu processamento mecânico.

2.2. Tamanho de partícula e concentração de fibra em detergente neutro

Vários são os fatores físicos e químicos, como o tamanho de partícula e a concentração da fibra em detergente neutro (FDN) das rações que podem afetar o comportamento ingestivo, a fermentação ruminal, a produção e a composição do leite. De acordo com o NRC (2001), as recomendações mínimas de FDN nas rações de vacas em lactação é de 25% quando o teor de FDN de forragem equivaler a 19% na matéria seca (MS). No entanto, quando uma unidade percentual de FDN de forragem é substituída por fonte de fibra não forragem, é necessário que duas unidades percentuais na ração total sejam acrescentadas para compensar a menor efetividade das fontes de fibra alternativas. Esta recomendação é sugerida com o intuito de evitar a depressão do teor de gordura do leite e otimizar a síntese de proteína microbiana.

O NRC (2001) também propõe aumentar a concentração de FDN, quando a porcentagem de FDN de forragem é menor que 19% ou quando o tamanho médio de partícula é inferior a 3 mm. A redução no tamanho de partícula pode diminuir a porcentagem de gordura no leite, a atividade de mastigação e o pH ruminal (LEONARDI; ARMENTANO, 2003). Dessa forma, é importante considerar ambos, a concentração de FDN e o tamanho de partícula na formulação de rações para vacas em lactação.

Em relação aos efeitos da concentração de FDN, pode-se destacar o estudo desenvolvido por Beauchemin (1991) que forneceu rações com três concentrações de FDN (31, 34 e 37%) para vacas em lactação. A autora observou que com o aumento da concentração de FDN das rações ocorreu diminuição linear ($P = 0,09$) na produção de leite (de 26,5 para 24,8 kg/dia) e aumento linear ($P < 0,001$) na porcentagem de gordura do leite (de 2,68 para 3,30%).

Bezerra et al. (2002), avaliaram os mesmos parâmetros de desempenho, no entanto com intuito de avaliar o efeito do perfil granulométrico das partículas dietéticas para vacas leiteiras. Notaram que vacas alimentadas com rações

elaboradas para conter maior porcentagem de partículas retidas em peneira de 19 mm produziram menos leite (18,9 kg/dia) do que aquelas preparadas para ter menor retenção nesta peneira (24,0 kg/dia). Neste trabalho, os autores ainda observaram maior porcentagem de gordura do leite (4,16 vs 3,39%) quando as vacas foram alimentadas com rações mais grosseiras (46% das partículas retidas em peneira de 19 mm).

Para responder as alterações no desempenho dos animais decorrente de alterações na fração fibra, alguns conceitos foram introduzidos com o intuito de avaliar quais as recomendações adequadas desta fração (LAMMERS; BUCKMASTER; HEINRICHS, 1996; MERTENS, 1997; ZEBELI et al., 2006).

2.3. Efetividade da fibra

A partir do início dos anos 90 ocorreu a introdução do conceito de efetividade da fibra dos alimentos. A grande vantagem dessa inovação foi permitir a comparação de fontes de FDN numa mesma escala teórica. Com esses conceitos, seria possível comparar subprodutos fibrosos e forragens, forragens com diferentes graus de processamento e principalmente, determinar a economicidade de cada alimento em relação ao teor e à origem da FDN de cada ração (SWAIN; ARMENTANO, 1994).

De acordo com o NRC (2001), a recomendação mínima da quantidade de FDN de forragem, com adequada estrutura física para estimular a atividade de mastigação é de 19 %. Entretanto, o comprimento da partícula da forragem pode ser extremamente variável. Por esta razão, ainda não é claro se a avaliação da característica física da forragem seja boa preditora do desempenho dos animais.

Como forma de avaliar se o tamanho de partícula do alimento ou ração apresenta influência significativa sobre o desempenho dos animais, dois conceitos foram introduzidos para distinguir a habilidade entre o alimento em estimular a atividade de mastigação e manter a porcentagem de gordura do leite, sendo eles: FDN_e e FDN_{fe} (MERTENS, 1997).

A FDN_e é definida, como a capacidade total da FDN de um determinado alimento ou ração substituir a FDN proveniente de forragem, em resposta à

manutenção efetiva do teor de gordura do leite. Já o FDNfe se refere a característica da fração FDN do alimento em estimular a atividade de mastigação e está relacionada com o tamanho de partícula do alimento (MERTENS, 1997).

O conceito de FDNfe tem sido utilizado com o intuito de unificar a concentração de FDN e o tamanho de partícula do alimento. O conteúdo de FDNfe do alimento pode ser calculado pelo teor de FDN analisado quimicamente e multiplicado pelo fator de efetividade física (*pef*) da fibra daquele alimento, dessa forma tem-se:

$$(1) \quad FDNfe = FDN * pef$$

O *pef* da FDN pode ser medido empiricamente, utilizando variáveis que respondem ao perfil de carboidratos da ração, tais como mastigação, camada de fibra longa do rúmen (mat ruminal), motilidade ruminal, teor de gordura do leite, pH ruminal e perfil de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) no rúmen (ARMENTANO; PEREIRA, 1997; MERTENS, 1997). Portanto, tudo o que for relacionado com parâmetros fisiológicos do animal é denominado fator de efetividade (*fe*).

Vários são os métodos utilizados para a determinação do *pef*. Os mais adotados são os laboratoriais por não envolverem o efeito animal. Dentre os métodos laboratoriais para essa determinação tem-se o sistema mencionado por Mertens (1997). Este sistema demonstrou ao longo das pesquisas a importância do desenvolvimento de uma nova rotina de estimativa de exigência de fibra para vacas leiteiras. A sugestão é a inclusão das características de cada alimento e também a realização de determinações quantitativas utilizando métodos laboratoriais de rotina.

Neste caso, o valor de FDNfe é estimado por meio de medidas físicas e químicas no laboratório, envolvendo a determinação da concentração de FDN de um alimento e a proporção de partículas retidas em uma peneira contendo 1,18 mm de porosidade. Dessa forma, assume-se que o *FDNfe* é:

$$(2) \quad FDNfe_{(>1,18)} = \% \text{ de FDN do alimento} * \text{quantidade de alimento retido em uma peneira de 1,18 mm}$$

O método laboratorial proposto por Mertens (1997) para estimar FDNfe foi firmado em três suposições: 1 - que o teor de FDN é uniformemente distribuído sobre toda a partícula do alimento; 2 - que a atividade de mastigação é igual para

todas as partículas retidas em uma peneira de 1,18 mm de porosidade; 3 - a facilidade em reduzir o tamanho de partícula do alimento não é diferente entre as fontes de FDN.

Sobre as suposições de Mertens (1997) descritas anteriormente, algumas questões devem ser levantadas, como exemplo: não é uma tarefa fácil prever a relação entre o tamanho de partícula e a atividade de mastigação, devido à complexidade existente entre esses fatores. A atividade de mastigação por kg de MS não é um atributo exclusivo do alimento, mas sim um efeito conjunto entre alimento e animal, em decorrência das variações entre raça, tamanho e nível de consumo do animal (BAE, WELCH, GILMAN, 1983; WELCH, 1984). Também, supor que a redução no tamanho de partícula não difere entre fontes de FDN, é um ponto bastante questionável, principalmente quando há maiores inclusões de FDN não forrageiro (FDNNF) em substituição à FDN proveniente de forragem (FDNF) (GRANT, 1997; ARMENTANO; PEREIRA, 1997).

De acordo com Lammers; Buckmaster; Heinrichs (1996) a FDNfe também pode ser mensurada como a proporção da MS retida nas peneiras de 19 e 8 mm do sistema *Penn State Particle Separator* (PSPS) multiplicado pela porcentagem de FDN da ração (FDNfe). Este método é considerado atualmente uma ferramenta de grande importância tanto para a comunidade científica, como para os produtores que buscam determinar o tamanho de partículas de forragens e rações.

Existe na literatura atual número considerável de estudos com o intuito de investigar os efeitos da FDNfe sobre a fermentação ruminal, o consumo de alimentos, a produção de leite, a atividade de mastigação bem como a digestibilidade dos nutrientes em animais. Os resultados obtidos a partir desses estudos não são conclusivos, especialmente no que diz respeito à mensuração e à definição de FDNfe e suas interações entre os níveis de inclusão de concentrado, forragem e fontes de grãos. Estas variações fazem com que as recomendações de FDNfe de acordo com as variáveis de resposta animal sejam dadas de forma inconsistente.

O NRC (2001), principal modelo utilizado para formular rações para vacas leiteiras é exemplo clássico sobre a não inclusão das exigências para FDNfe, devido

à falta de um método padronizado e validado para mensurar a efetividade dos alimentos e estabelecer tais requerimentos.

Dessa forma, variações no tamanho de partículas que contribuam para a alteração no comportamento ingestivo, e no teor de gordura do leite, podem afetar os valores de FDN_{fe}. A avaliação do tamanho de partícula de forragens em relação à efetividade da fibra é importante, pois nem sempre os resultados são consistentes sobre o comportamento ingestivo (atividade de mastigação) e/ou teor de gordura do leite (CLARK; ARMENTANO, 1999; BAL et al., 2000; SOITA; CHRISTENSEN; McKINNON, 2000).

2.4. Comportamento ingestivo

Por ser um dos aspectos mais importantes na formulação de rações para ruminantes, a ingestão de matéria seca (IMS) deve ser considerada em primeira escala, pois é ela quem determinará o máximo desempenho do animal, visto que a IMS tem estreita relação com o desempenho produtivo e reprodutivo dos animais.

Sendo assim, quando grande quantidade de fibra é incluída na ração, a densidade diminui, o alimento pode permanecer mais tempo no rúmen, o que pode causar diminuição da IMS, devido principalmente à limitação física deste compartimento. A consequência disto é a redução significativa da produtividade (BEAUCHEMIN; BUCHANAN-SMITH, 1989). Por outro lado, quando pouca fibra é incluída nas rações de vacas em lactação, alguns sintomas como alterações na fermentação ruminal e até quadros severos de acidose podem ocorrer.

Os ruminantes podem gastar de duas (120 min.d⁻¹) a nove h.d⁻¹ (540 min.d⁻¹) ingerindo e de duas (120 min.d⁻¹) a 10 h.d⁻¹ (900 min.d⁻¹) ruminando. No entanto, esse tempo pode variar de acordo com o nível de ingestão (BEAUCHEMIN, 1991), tamanho do animal (BAE; WELCH; GILMAN, 1983); bem como em função da relação entre a natureza química ou física da ração (BEAUCHEMIN; RODE; ELIASON, 1997, SHAVER et al., 1988). Apenas o conhecimento das atividades de consumo e ruminação não são suficientes para a compreensão da função normal do rúmen e o seu impacto no metabolismo animal.

Em ruminantes, durante a atividade de mastigação, os movimentos de ruminação e ingestão reduzem o tamanho de partícula, aumentando a relação volume/superfície da mesma (POPPI; NORTON, 1980). Alterações nas propriedades físicas dos alimentos resultam em maior acesso microbiano, degradação do alimento (McALLISTER et al., 1994) e facilitam a passagem do resíduo do alimento para fora do rúmen (BERNARD et al., 2000; WELCH, 1984). Devido a essas alterações que ocorrem por meio de mecanismos musculares, o custo energético é associado com a atividade de mastigação. Sendo assim, quando um animal é alimentado com ração composta de forragem de baixa qualidade, até um terço do total da energia metabolizável fornecida na ração pode ser necessária para atender a atividade de mastigação (SUSENBETH et al., 1998). A mastigação também estimula a secreção de saliva, a qual é constituída de alta concentração de bicarbonato e tamponantes fosfatados que promovem a manutenção do pH ruminal adequado para atividade microbiana (BEAUCHEMIN, 1991).

Sendo assim, o estudo do comportamento ingestivo dos ruminantes tem como objetivo avaliar as formas de arraçoamento, a quantidade e a qualidade nutritiva das rações. Esta avaliação torna-se ferramenta adicional tanto na prevenção de distúrbios (acidose), como no estabelecimento de relações entre comportamento ingestivo e consumo voluntário; com o intuito de verificar características do comportamento ingestivo que possam melhorar o desempenho do animal. As principais variáveis comportamentais estudadas em vacas leiteiras têm sido relacionadas às atividades de ingestão, ruminação e ócio (ALBRIGHT, 1993). Vários são os estudos realizados para determinar o efeito da diminuição do tamanho de partícula dos alimentos sobre a atividade de mastigação e o comportamento ingestivo (BHANDARI, et al., 2008; KONONOFF; HEINRICHS; LEHMAN, 2003; CLARK; ARMENTANO, 1997; MERTENS, 1997).

Embora exista o conhecimento de que o tempo com alimentação e ruminação por unidade de MS e FDN aumenta quando alimentos grosseiros são fornecidos, faltam dados sobre o efeito do consumo total de MS, FDN ou a proporção de partículas consumidas no tempo total (KONONOFF; HEINRICHS; LEHMAN, 2003).

Como exemplo clássico tem-se o trabalho desenvolvido por Mertens (1997), que compilou dados a partir de vários estudos. Os relatos indicam que a diminuição do tamanho de partícula reduz a atividade de mastigação.kg⁻¹ de FDN. Dessa forma, forragens picadas com tamanho médio de partícula de 40 mm podem reduzir a atividade de mastigação em até 80% quando comparadas com material não picado, ou seja, na sua forma original. Outro exemplo, é que a diminuição do feno de alfafa pela picagem, de comprimento médio de partícula de 25 mm para cinco mm, resulta na redução do tempo total de mastigação de 57% por kg de MS e 69% por kg de FDN.

No estudo realizado por Bhandari et al. (2008) o objetivo foi determinar os efeitos do tamanho de partícula da silagem de alfafa e aveia, cujos tamanhos foram de 19 mm e 6 mm, respectivamente, sobre o comportamento ingestivo. Neste estudo, diferente do observado por Mertens (1997), os autores não verificaram efeito sobre o tempo de alimentação, ruminação e mastigação e mastigação por kg de MS. A média apresentada neste estudo foi de 361, 575, 936 min.d⁻¹, e 49,7 min.kg⁻¹ de MS, respectivamente.

Sendo assim, os resultados observados na literatura demonstram que a variação do comportamento ingestivo não está relacionada apenas com o tamanho de partícula dos alimentos oferecidos. É provável que exista também efeito associado ao animal dado pela capacidade seletiva individual do mesmo.

2.5. Índice de seleção

Ferramenta adicional existe em relação à seleção dos alimentos pelos animais associada às características físicas e à forma de como o alimento é fornecido. Em decorrência disso, a resposta desse comportamento é que os animais não consomem os alimentos proporcionalmente ao que foi fornecido. Portanto, quando as rações são formuladas perto das recomendações mínimas, a seleção poderia reduzir a ingestão de partículas longas, de modo que possivelmente diminuiria a atividade de mastigação, o pH ruminal e a porcentagem de gordura do leite (LEONARDI; ARMENTANO, 2003).

Leonardi e Armentano (2003) relataram que partículas longas demoram a deixar o rúmen, o que diminui consistentemente o consumo de alimentos. Em contraste, partículas de forragens finamente moídas de feno ou silagem, diminuem a atividade de mastigação, tempo de ruminação e o pH ruminal.

A prática comum nas fazendas comerciais de vacas leiteiras é o fornecimento do alimento na forma de ração total. Essa ferramenta foi sugerida em 1985 por Nocek e Braund como ótima maneira de fornecer os alimentos de forma balanceada, a qual incluiria a proteína e os carboidratos estruturais e não estruturais, responsáveis pela manutenção da estabilidade e da eficiência da população microbiana. No entanto, o fornecimento do alimento na forma de ração total pré-dispõe a maior seletividade dos vários componentes da ração. As vacas têm demonstrado preferir a fração do concentrado das rações totais, recusando componentes com comprimentos longos, proveniente principalmente das forragens (LEONARDI; ARMENTANO, 2003; DEVRIES; BEAUCHEMIN; VON KEYSERLINGK; 2007).

A maioria das pesquisas até o momento, sobre o consumo seletivo, também denominado índice de seleção, está direcionada em modificar os componentes da forragem na ração total. Leonardi e Armentano (2003), realizaram um experimento com o intuito de avaliar o índice de seleção testando o feno de alfafa em diferentes quantidades, qualidades e tamanhos sem alteração da proporção de concentrado na ração. Os autores observaram que as vacas aumentaram a seleção (recusaram as partículas longas) quando as rações apresentavam menor quantidade de feno e feno mais longo, visto que a qualidade do feno não apresentou efeito algum.

Portanto, a estimativa da variabilidade de seleção dos alimentos pelos animais, auxiliaria na compreensão dos desvios de predição de consumo e em alguns casos problemas de saúde associados com rações finamente moídas. Como a seleção dos alimentos está diretamente relacionada com o tamanho médio de partícula de uma ração, é importante que esta variável seja mensurada, por consistir papel fundamental na ruminação e no consumo de alimento.

Referências

- ALBRIGHT, J.L. Feeding behavior of dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, Albany, v. 76, p. 485-498, 1993.
- ALLEN, M. Fiber requirements for dairy cattle: if you're not confused, you don't understand. In: SOUTHWEST NUTRICIONAL AND MANAGEMENT CONFERENCE, 1995. Ahwatukee. **Proceedings...** Arizona. 1995. p.101-109
- ARMENTANO, L.; PEREIRA, M. Measuring the effectiveness of fiber by animal response trials. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v.80, p.1416-1425, 1997.
- BAE, D.H.; WELCH, J.G.; GILMAN, B.E. Mastication and rumination in relation to body size in cattle. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 66, p. 2137-2141, 1983.
- BAL, M.A.; SHAVER, R.D.; JIROVEC, A.G. Crop processing and chop length of corn silage. Effects on intake, digestion, and milk production by dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 83, p. 1264-1273, 2000.
- BALSALOBRE, M.A.A.; FERNANDEZ, R.A.T.; SANTOS, P.M. Corte e transporte de cana-de-açúcar para consumo animal. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS: ALIMENTAÇÃO SUPLEMENTAR, 7., 1999. Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1999. p.7-20.
- BEAUCHEMIN, K.A. Effects of dietary neutral detergent fiber concentration and alfalfa hay quality on chewing, rumen function, and milk production of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 74, p. 3140-3151, 1991.
- BEAUCHEMIN, K.A.; RODE, L.M.; ELIASON, M.V. Chewing activities and milk production of dairy cows fed alfalfa as hay, silage, or dried cubes or silage. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 80, p. 324-333, 1997.
- BEAUCHEMIN, K.A.; BUCHANAN-SMITH, J.G. Effects of dietary neutral detergent fiber concentration and supplementary long hay on chewing activities and milk production of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 72, p.2288-2300, 1989.
- BERNARD, L.; CHAISE, J.P.; BAUMONT, R.; PONCET, C. The effect of physical form of orchardgrass hay on the passage of particulate matter through the rumen of sheep. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 78, p.1338-1354, 2000.
- BEZERRA, E.S.; QUEIROZ, A.C.; MALDONADO, F.; PEREIRA, J.C.; PAULINO, M.F. Efeito do perfil granulométrico das partículas dietéticas sobre parâmetros de desempenho de vacas leiteiras em Lactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**. Viçosa, v. 31 (supl.), n. 3, p. 1511-1520, 2002.

BHANDARI, S.K.; LI, S.; OMINSKI, K. H.; WITTENBERG, K. M.; PLAIZIER, J.C. Effects of the chop lengths of alfalfa silage and oat silage on feed intake, milk production, feeding behavior, and rumen fermentation of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 91, p. 1942–1958, 2008.

CABRAL, A.D.; BATISTA, Â.M.V.; MUSTAFA, A.; CARVALHO, F.F.R.; GUIM, A.; MONTEIRO, P.S.; LUCENA, R.B. Performance of dairy goats fed whole sugarcane. **Tropical Animal Health and Production**, Edinburgh, v. 41, p. 279–283, 2009.

CARVALHO, S.; RODRIGUES, M.T.; BRANCO, R.H., RODRIGUES, C.A.F. Consumo de nutrientes, produção e composição do leite de cabras da raça Alpina alimentadas com dietas contendo diferentes teores de fibra. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.35, n.3, p.1154-1161, 2006 (supl.).

CLARK, P.W.; ARMENTANO, L.E. Influence of particle size on the effectiveness of the fiber in corn silage. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 82, p. 581-588, 1999.

DEVRIES, T.J.; BEAUCHEMIN, K.A.; VON KEYSERLINGK, M.A.G. Dietary forage concentration affects the feed sorting behavior of lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Albany, v. 90, n. 12, p. 5572–5579, 2007.

FIRKINS, J.L. Optimizing rumen fermentation. In: TRI-STATE DAIRY NUTRITION CONFERENCE, 2002. Fort Wayne. **Proceedings...** Fort waine: eastridge, M.L., 2002. p.39-54. Disponível em: <http://tristatedairy.osu.edu/2002Proceedings.pdf>. Acesso em: 13 jun. 2010.

GENTIL, R.S.; SUSIN, I.; NUSSIO, L.G.; MENDES, C.J.; ALMEIDA, O.C; QUEIROZ, M.A.A.; PACKER, I.U. Milk composition and milk yield of goats fed sugar cane silage. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON THE CHALLENGE TO SHEEP AND GOATS MILK SECTORS, 5., 2007, Alghero, IT. **Abstract...** Alghero, 2007, p. 138.

GRANT, R.J. Interactions among forages and nonforage fiber sources. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 80, p. 1438–1446, 1997.

KONONNOF, P.J.; HEINRICHS; A.J. LEHMAN, H.A. The effect of corn silage particle size and cottonseed hulls on cows in early lactation. **Journal of Dairy Science**. Lancaster, v.86, p.2438-2451, 2003.

LAMMERS, B.P.; BUCKMASTER, D.R.; HEINRICHS, A.J. A simple method for the analysis of particle sizes of forage and total mixed rations. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 79, p. 922-928, 1996.

LANDELL, M.G.A.; CAMPANA, M.P.; RODRIGUES, A.A.; CRUZ, G.M.; BATISTA, L.A.R.; FIGUEIREDO, P.; SILVA, M.A.; BIDOIA, M.A. **A variedade IAC86-2480 como nova opção de cana-de-açúcar para fins forrageiros: manejo de produção e uso na alimentação animal**. Campinas: IAC, 2002. 36 p.

LEONARDI, C.; ARMENTANO, L.E. Effect of quantity, quality, and length of alfalfa hay on selective consumption by dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 86, n. 2, p. 557-564, 2003.

LIMA, M.L.M. **Análise comparativa da efetividade da fibra de volumosos e subprodutos**. 2003. 121 p. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

MATTOS, W.R.S. **Cana-de-açúcar: Recurso forrageiro do passado, presente e futuro**. 2003. 103 p. Livre Docência (Manejo de Bovinos Leiteiros e Alimentação de Bovinos Leiteiros) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

MCALLISTER, T.A.; BAE, H.D. JONES, G.A.; CHENG, K.J. Microbial attachment and feed digestion in the rumen. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 72, p. 3004-3018, 1994.

MENDONÇA, S.S.; CAMPOS, J.M.S.; VALADARES-FILHO, S.C.; Cana-de-açúcar como volumoso único para vacas de leite. IV. Comportamento ingestivo. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39., 2002. Recife. **Anais...** Viçosa: SBZ, 2002. 1 CD-ROM

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

MONTPELLIER, F.A.; PRESTON, T.R. Digestibility of tops, rind, derinded stalk and entire plant of sugar cane. **Tropical Animal Production**. Santo Domingo, v. 2, n. 1, p.13-17, 1977.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrients requirements of dairy cattle**. 7th. ed. Washington: National Academy of Sciences, 2001. 381 p.

PEREIRA, E.S.; QUEIROZ, A.C.; VALADARES-FILHO. Repleção ruminal da fibra em detergente neutro da cana-de-açúcar e cama de frango. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39., 2002. Recife. **Anais...** Viçosa: SBZ, 2002. 1 CD-ROM.

POPPI, D.P.; NORTON, B.W.; MINSON, D.J.; HENDRICKSEN, R.E. The validity of the critical size theory for particles leaving the rumen. **The Journal of Agriculture Science**, Cambridge, v. 94, p. 275-280, 1980.

PROCANA, 2009. Disponível em: <http://www.jornalcana.com.br/conteudo/Conheca%20o%20Setor.asp>. Acesso em: 24 abr.2009

SCHOGOR, A.L.B.; NUSSIO, L.G.; MOURÃO, G.B.; MURARO, G.B.; SARTURI, J.O.; MATOS, B.C. Perdas das frações de cana-de-açúcar submetida a diversos métodos de Colheita. **Revista Brasileira de Zootecnia**. Viçosa, v.38, n.8, p.1443-1450, 2009.

SHAVER, R.D.; NYTED, A.J.; SATTER, L.D.; JORGENSEN, N.A. Influence of feed intake, forage physical form, and fiber content on particle size of masticated forage, ruminal digesta and feces of dairy cows. **Journal of Dairy Science**. Lancaster, v. 71, p. 1566-1572, 1988.

SHAVER, R.D.; NYTES, A.J.; SATTER, L.D.; JORGENSEN, N.A. Influence of feed intake, forage physical form, and forage fiber content o particle size of masticated forage, ruminal digesta, and feces of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v.71, p.1566-1572, 1988.

SOITA, H.W.; CHRISTENSEN, D.A. McKINNON, J.J. Influence of particle size on the effectiveness of the fiber in barley silage. **Journal of Dairy Science**. Lancaster, v. 83, p.2295-2300, 2000.

SUSENBETH, A.; MAYER, R.; KOEHLER B.; NEUMANN, O. Energy requirement for eating in cattle. **Journal of Animal Science**, Albany, v.76, p. 2701 – 2705, 1998.

SUSIN, I. Exigências nutricionais de ovinos e estratégias de alimentação. In: SILVA SOBRINHO (Ed.) **Nutrição de ovinos**. Jaboticabal: Funep, 1996. p. 119-141.

SWAIN, S.M.; ARMENTANO, L.E. Quantitative evaluation of fiber from nonforage sources used to replace alfalfa silage. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v.77, p.2318-2331, 1994.

WELCH, J.G. Rumination, particle size and passage from the rumen. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 54, p. 885-894, 1984.

ZEBELI, Q.; TAJAJ, M.; STEINGASS, H.; METZLER, B.; DROCHNER, W. Effects of physically effective fiber on digestive processes and milk fat content in early lactating dairy cows fed total mixed rations. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 89, n. 2, p. 651–668, 2006.

3. TAMANHO MÉDIO DE PARTÍCULA DE RAÇÕES CONTENDO CANA-DE-AÇÚCAR IN NATURA NO DESEMPENHO DE VACAS LEITEIRAS

Resumo

Os objetivos do estudo foram avaliar o desempenho de vacas em lactação alimentadas com rações contendo cana-de-açúcar processada nos TMP de 4,75 a 15,90 mm, e desenvolver equações da associação desses TMP com as respostas de desempenho, como comportamento ingestivo e composição do leite de vacas leiteiras. O experimento foi conduzido no sistema de produção de leite do Departamento de Zootecnia da USP/ESALQ, durante os meses de agosto a setembro de 2007, com trinta vacas das raças Holandesa, Jersey e HolandêsxJersey em lactação com peso vivo médio de 490 kg. O período experimental totalizou 51 dias, dividido em três períodos de 17 dias, com sete dias de coleta. O CMS ($\text{kg} \cdot \text{dia}^{-1}$) foi avaliado diariamente por grupo e as vacas tiveram acesso *ad libitum* à água e à ração contendo cana-de-açúcar (11,2 % PB e relação FDN/CNF de 1,45, permitindo produção potencial de 20 L $\text{vaca} \cdot \text{dia}^{-1}$, e gordura do leite fixado para 3,5%), fornecida duas vezes ao dia. A variedade da cana-de-açúcar utilizada foi a RB72-454 e os equipamentos utilizados foram: a) picadora estacionária e b) picadora/desintegradora de resíduos florestais. A produção de leite foi mensurada individualmente pela pesagem de sete dias consecutivos nas duas ordenhas, além da amostragem do leite para análise de composição. Foi realizado no 11º dia de cada experimento a avaliação do comportamento ingestivo. A variável CMS apresentou regressão quadrática ($P = 0,0472$) indicando inicialmente que com o aumento do TMP o CMS foi reduzido em relação aos menores tamanhos de partículas. O consumo médio de MS foi de 18,26 $\text{kg} \cdot \text{dia}^{-1}$. Para o CFDN também foi encontrada regressão quadrática ($P = 0,0004$). O ajuste do modelo demonstrou que, o aumento do TMP diminui o consumo total das fibras. Foi constatada regressão quadrática para a produção do leite (PL; $P = 0,0269$), proteína do leite (%; $P = 0,0009$), sólidos totais (%; $P = 0,0457$) e nitrogênio uréico no leite ($\text{mg} \cdot \text{dL}^{-1}$; $P = 0,0097$). Pôde-se também verificar adequação para regressão linear no teor de gordura do leite (kg; $P = 0,0360$) e proteína do leite (kg; $P = 0,0360$). As equações demonstraram que a PL e a % de gordura do leite são diminuídas quando associadas ao aumento do tamanho médio de partícula. Para o IS foi observado ajuste linear para a peneira Y1 e Y2. O modelo sugere que maiores tamanhos de partículas aumentam o IS. Foi observado efeito quadrático para o tempo de mastigação por unidade de MS ($P = 0,0479$). Os modelos gerados indicaram que maiores tamanhos de partículas promovem aumento no tempo total de ingestão, tempo de ingestão por kg de MS e de FDN e o tempo de mastigação por kg de MS. O intervalo encontrado para o TMP influenciou de forma significativa algumas variáveis no desempenho dos animais

Palavras-chave: Fibra em detergente neutro; Gordura; Hemicelulose; Leite; Ração total; Sangue

MEAN PARTICLE SIZE OF DIETS CONTAINING FRESH SUGARCANE ON THE PERFORMANCE OF DAIRY COWS

Abstract

This study aimed to evaluate the performance of dairy cows fed diets containing sugarcane processed at MPS from 4.75 to 15.90 mm. and to develop equations from the association of these MPS with responses of performance such as feeding behavior and milk composition of dairy cows. The experiment was conducted in the milk production system of the Animal Science Department of USP/ESALQ from August to September 2007. Thirty Holstein, Jersey and Holstein x Jersey lactation cows with 490 kg average weight were used. The experimental period lasted 51 days, divided into three periods of 17 days, with seven days of collection. The DMI ($\text{kg} \cdot \text{day}^{-1}$) was evaluated daily by batches and the cows had *ad libitum* access to water and diet containing sugarcane (11.2% CP and NDF/NFC ratio of 1.45, allowing potential production of 20 L cow. day^{-1} , and milk fat fixed for 3.5%) given twice a day. The sugarcane variety used was RB72-454 and the machines used were: a) a stationary chopper and b) chopper/shredder of forest residues. The milk production was measured individually by weighing the two milkings on seven consecutive days, beyond the milk sampling for composition analysis. Evaluation of the feeding behavior was carried out on the eleventh day of each experiment. The DMI showed quadratic regression ($P = 0.0472$) indicating initially that with MPS increase, the DMI was reduced in relation to the lower PS. The mean DMI was $18.26 \text{ kg} \cdot \text{day}^{-1}$. For the NDF intake (NDFI) it was also observed a quadratic regression ($P = 0.0004$). The model adjustment demonstrated that increases in MPS reduce total fiber intake. It was observed quadratic regression for milk production (MP; $P = 0.0269$), milk protein (%; $P = 0.0009$), total solids (%; $P = 0.0457$) and milk ureic nitrogen ($\text{mg} \cdot \text{dL}^{-1}$; $P = 0.0097$). It could be verified adequacy for a linear regression for milk fat content (kg; $P = 0.036$) and milk protein (kg; $P = 0.036$). The equations showed that milk protein and fat content (%) decreased when associated to an increase in MPS. For the selection index (SI) it was observed a linear adjustment for the sieves Y1 and Y2. The model suggests that higher particle sizes increase the SI. Quadratic effect was observed for chewing time per unit of DM ($P = 0.0479$). The generated model indicated that higher particle sizes promote increase in chewing time per kg of DM. Therefore, the range of MPS evaluated influenced significantly some performance variables.

Keywords: Neutral detergent fiber; Fat; Hemicellulose; Milk; Total mixture ration; Blood

3.1. Introdução

Historicamente a cana-de-açúcar é cultivada desde a época da colonização e está entre as principais culturas do setor agrícola brasileiro. As principais regiões produtoras são centro-sul, norte e nordeste (PROCANA, 2009). Para a safra de 2010/2011 a estimativa para a produção nacional destinada a indústria sucro-alcooleira é de 664 milhões de toneladas. Dessa produção, aproximadamente 10% são destinadas para a alimentação animal (LANDELL, 2002).

No entanto, a utilização da cana-de-açúcar apresenta restrições quanto à mecanização do corte. As limitações dos equipamentos disponíveis resultam em baixos rendimentos, necessidade frequente de manutenção e, principalmente a falta de uniformidade no tamanho do corte das partículas que, geralmente, não é adequado para o bom desempenho dos animais.

De acordo com Armentano e Pereira (1997); Mertens (1997) o tamanho de partícula pode influenciar diretamente as exigências de fibra para vacas em lactação quanto à efetividade, sendo capaz de modificar algumas variáveis como o comportamento ingestivo, o consumo voluntário de matéria seca e a porcentagem de gordura do leite.

Por outro lado, tanto o tamanho médio de partícula (TMP) como o teor de FDN estão correlacionados com a capacidade de ingestão do alimento. Dessa forma, a fração FDN das rações pode ser utilizada como preditor na avaliação do enchimento ruminal (rúmen “fill”). A partir desses conceitos, acredita-se que rações com altas concentrações de FDN e tamanho de partícula longo limitariam o consumo de alimento, sendo que a baixa ingestão de matéria seca (IMS) pelos animais é a principal responsável pelo menor desempenho desses.

Devido à grande influência desses fatores, o objetivo desse estudo foi avaliar o efeito do processamento mecânico da cana-de-açúcar *in natura* sobre o consumo de nutrientes, composição do leite e o comportamento ingestivo de vacas leiteiras.

3.2. Desenvolvimento

3.2.1. Local, clima e instalações experimentais

O experimento foi conduzido no sistema de produção de leite do Centro de Treinamento de Recursos Humanos (CTRH) do Departamento de Zootecnia da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, da Universidade de São Paulo, situada no município de Piracicaba – SP; tendo como coordenadas 22°42’30” de latitude ao Sul e 47°38’30” de longitude a Oeste e 546 metros de altitude.

O clima da região de Piracicaba é classificado como mesotérmico úmido, subtropical de inverno seco, denominado Cwa, com temperaturas médias inferiores a 18°C nos meses mais frios e superiores a 22°C durante a estação mais quente do ano (BRASIL, 1960).

Foram utilizados três piquetes com área de 450 m², com calçada de 3 metros com piso de concreto, cocho de alimentação com nove metros lineares e bebedouro não cobertos (Figura 3.1). A área de sombra dos piquetes era provida por sombra natural de árvores. As vacas permaneceram durante todo o período experimental nos mesmos piquetes saindo apenas para serem ordenhadas (7h00 e 15h00).

Figura 3.1. – Foto aérea com a disposição dos piquetes, cochos e a localização dos bebedouros (B)

3.2.2. Período experimental

As avaliações com os animais foram realizadas durante os meses de agosto a setembro de 2007. Foram realizados três experimentos com 17 dias cada, sendo 10 dias de adaptação e sete dias de coleta. Os dados climáticos foram obtidos da Estação Meteorológica do Departamento de Engenharia de Biosistemas da USP/ESALQ, localizado a cerca de 250 metros do locado do experimento e estão apresentados na Tabela 3.1.

Tabela 3.1 – Dados climáticos durante o período experimental

Meses 2007	Radiação Global (cal/cm.d ⁻¹)	Precip. (mm)	U.R (%)	T°máx. (°C)	T°mín. (°C)	T°med. (°C)
Agosto	17,48	0	75,2	27,9	11,9	19,5
Setembro	18,87	1,9	69,0	30,7	15,3	22,7
Outubro	20,09	87,6	74,1	31,7	17,4	24,0
Novembro	19,76	120,5	85,3	28,5	17,3	22,2

Fonte: Base de dados da Estação meteorológica automática da USP/ESALQ

3.2.3. Animais

Foram utilizadas 30 vacas em lactação, sendo 10 da raça Holandesa, 17 mestiças (Holandês x Jersey) e três da raça Jersey. Os animais foram divididos em três grupos, com 10 animais cada grupo, no formato de quadrados latinos múltiplos 3x3. Na Tabela 3.2 estão apresentados alguns indicadores zootécnicos descritivos dos animais no início do período experimental.

Tabela 3.2– Caracterização das vacas utilizadas no início do período

Variáveis	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
Produção de leite, kg.dia ⁻¹	15,6	4,65	8,2	25,3
Número de partos	3	1,52	1	8
Estágio de lactação, dias	111	2,44	30	254
Peso corpóreo, kg	490	80,95	312	638
Escore de condição corporal	3,45	0,49	2,25	4,75

As vacas foram distribuídas entre os experimentos conforme produção de leite, mês de lactação, raça e número de parições, buscando homogeneidade para cada grupo.

3.2.4. Rações experimentais

A variedade da cana-de-açúcar utilizada foi a RB72-454 que foi colhida manualmente todos os dias da área pertencente ao Departamento de Zootecnia da USP/ESALQ. A forragem foi armazenada à sombra para posterior picagem, imediatamente antes do momento do seu fornecimento.

Os equipamentos utilizados para a obtenção dos tamanhos de partícula foram: a) picadora estacionária marca Menta SUPER 20T[®] e b) picadora/desintegradora de resíduos florestais CONFIMENTA 600RF[®], montada no trator (Figura 3.2).

Figura 3.2 – (A) Picadora estacionária marca Menta SUPER 20T[®] e (B) picadora/desintegradora de resíduos florestais CONFIMENTA 600RF[®], montada no trator

Inicialmente foram almejados três tratamentos, sendo eles: Tratamento 1: TMP de 3,28 mm; Tratamento 2: TMP de 5,21 mm; Tratamento 3: TMP de 9,17 mm. As picadoras eram reguladas e ajustadas semanalmente para a manutenção dos tratamentos propostos. No entanto, após o término do experimento foi observado

que as picadoras não mantiveram o mesmo padrão de tamanho de partícula que havia sido planejado. Dessa forma, a variação do TMP obtido ao longo do experimento foi de 4,75 a 15,90 mm com média de 9,53 mm, caracterizando a desuniformidade e inconsistência do TMP.

As rações foram formuladas para serem isoprotéicas, isoenergéticas e apresentarem concentrações similares de FDN de acordo com as exigências estabelecidas pelo NRC Gado de Leite (2001), visando permitir a produção potencial de 20 L vaca⁻¹dia⁻¹, e gordura do leite fixada para 3,5%. A proporção dos ingredientes e a composição bromatológica das rações experimentais e dos alimentos são apresentadas nas Tabela 3.3 e 3.4.

Tabela 3.3 – Proporção dos ingredientes e composição bromatológica das rações experimentais

Ingredientes	% MS
Cana-de-açúcar <i>in natura</i>	60,50
Polpa cítrica	10,90
Sorgo moído	9,07
Farelo de soja	16,90
Uréia	1,09
Núcleo A (CANA) ¹	1,51
Composição bromatológica	
Matéria seca, %	42,68
Proteína bruta, %	11,24
Extrato etéreo, %	1,14
Carboidratos não fibrosos, % ²	33,25
Fibra em detergente neutro, %	48,22
Fibra em detergente ácido, %	36,42
FDN/CNF ³	1,45
Cinzas, %	6,15

¹Núcleo A (CANA), Ca: 220g/kg; P: 55g/kg; Mg: 35 g/kg; Na: 140g/kg; S: 80g/kg; Co: 15mg/kg; Cu: 500mg/kg; I: 40mg/kg; Mn: 1000mg/kg; Se: 17mg/kg; Zn: 2000 mg/kg; Vit A. 230.000 UI; Vit. D. 75.000 UI; Vit E. 1 700 UI. ²Carboidratos não fibrosos = 100 – (PB + EE + Cinzas + FDN); ³FDN/CNF = Fibra em detergente neutro em relação aos carboidratos não fibrosos (CNF).

Tabela 3.4 – Composição bromatológica dos ingredientes utilizados nas rações experimentais

Ingredientes	% da MS					
	MS	PB	EE	MM	FDN	FDA
Cana-de-açúcar	96,44	3,73	0,98	5,16	51,54	30,05
Sorgo moído	87,19	9,0	4,51	8,65	21,04	5,37
Polpa cítrica	87,41	7,19	3,60	5,98	25,55	22,88
Farelo de Soja	87,10	53,50	1,96	6,31	9,27	12,05

As rações foram fornecidas *ad libitum*, duas vezes ao dia, distribuídas após a ordenha (10h00 e 15h00) na forma de ração total por mistura manual, por grupo de animais distribuídos em cada piquete lote. A proporção fornecida foi de 40% às 10h00 e o restante equivalente a 60% às 17h00, sendo que a quantidade de alimento oferecido foi ajustada para permitir 10% de sobras. O consumo de matéria seca e demais nutrientes (CN) foi calculado de acordo com a equação (3):

$$(3) \text{ CN} = (\text{kg de fornecido} * \% \text{ do nutriente na MS}) - (\text{kg de sobras} * \% \text{ do nutriente na MS})$$

As avaliações em relação ao CN foram realizadas em grupo constituído por 10 animais em cada piquete.

3.2.5. Coleta das amostras do volumoso e das rações totais

Durante a semana de coleta, foram amostradas diariamente as rações fornecidas, as sobras e os volumosos, por grupo. Após cada coleta as amostras foram secas em estufa a 55°C por 72 horas, e moídas em moinhos tipo Willey contra peneira de 1 mm de orifício, para posterior análise bromatológica.

As análises bromatológicas, foram realizadas no Laboratório de Bromatologia do Departamento de Zootecnia da USP/ESALQ. Os teores de matéria seca (MS), matéria mineral (MM) e extrato etéreo (EE) foram analisados conforme AOAC (1990) e proteína bruta (PB) por condutividade térmica pelo analisador de nitrogênio (Leco FP-2000 nitrogen analyser, Leco Instruments, Inc. St. Joseph, MI). As análises de fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) e fibra insolúvel em detergente ácido (FDA) foram realizadas de acordo com método proposto por Van Soest; Robertson;

Lewis (1991), utilizando o método sequencial, adaptado para o uso de saquinhos (ANKON®Technology Fairport, New York).

3.2.6. Avaliação do tamanho médio de partícula

As amostras da cana-de-açúcar *in natura*, do fornecido e das sobras, foram coletadas em quintuplicatas por grupo e por período para a avaliação do tamanho médio de partícula (TMP), durante o período de coleta. O TMP foi obtido pelo método de estratificação de partículas em peneiras utilizando o modelo *Penn State Particle Size Separator - PSPSS* (University Park, PA) adaptado por Mari e Nussio (2002). O separador de partículas utilizado apresentava quatro bandejas (Y1 a Y4) com orifícios: Y1 = retenção de partículas maiores que 38 mm; Y2 = retenção de partículas entre 38 e 19 mm; Y3 = retenção de partículas entre 19 e 8 mm e Y4 = com fundo fechado (FUNDO) a qual retém partículas com diâmetro inferior a 7,9 mm (Figura 3.3).

Figura 3.3 – Separador de partículas, modelo PSPSS (University Park, PA) adaptado de Mari e Nussio (2002). Y1 = retenção de partículas maiores que 38 mm; Y2 = retenção de partículas de 19-38 mm; Y3 = retenção de partículas de 7,9 mm e Y4 = fundo fechado, retenção de partículas com diâmetro inferior a 7,9 mm

Neste estudo foi proposta análise individual da estratificação de partículas com base na distribuição tipo Weibull para a cana-de-açúcar (D'AGOSTINO; STEPHENS, 1986), analisando individualmente cada peneira.

O fator de efetividade de fibra (*pef*,%) foi calculado a partir da soma das porcentagens das partículas retidas nas frações Y1, Y2 e Y3 de acordo com a equação proposta por Dohme; Devries, Beauchemin (2008)

3.2.7. Índice de seleção

A porcentagem de retenção das partículas para o cálculo do índice de seleção, que foi obtida pelo método da estratificação de partículas em peneiras utilizando o modelo *Penn State Particle Size Separator - PSPSS* (University Park, PA) adaptado por Mari e Nussio (2002).

O índice de seleção (IS) foi calculado como o consumo efetuado pelos animais correspondente a cada peneira (Y1 a Y4) expresso pela porcentagem do consumo total predito, onde o consumo predito da fração Yi é igual ao quociente entre a matéria original ingerida e a matéria original da fração da Yi da ração total (RT), de acordo com as equações (4) (5) e (6) (LEONARDI; ARMENTANO, 2003).

$$(4) \quad \text{Consumo predito} = \% \text{ retenção de } Yx \text{ oferecido} * \text{consumido}$$

$$(5) \quad \text{Consumo observado} = (\% \text{ retenção de } Yx * \text{oferecido}) - (\% \text{ retenção de } Yx * \text{sobras})$$

$$(6) \quad IS = 100 \times (\text{consumo observado} / \text{consumo predito}) \text{ em que;}$$

Dessa forma, valores menores que 100% indicaram rejeição do alimento, maiores que 100% consumo preferencial, e igual a 100% quando não houve seleção (LEONARDI; ARMENTANO, 2003).

3.2.8. Comportamento Ingestivo

Os dados de comportamento ingestivo foram coletados no 11º dia de cada experimento. Os animais foram observados durante 24 horas, em intervalos de cinco minutos, utilizando-se cronômetros. Para as avaliações noturnas, lanternas foram utilizadas para a visualização e identificação dos animais, os quais foram marcados

com tinta (*spray* automotivo) com o número do animal. Havia um total de 10 animais por piquete e todos os animais foram avaliados, em todos os experimentos, os quais foram constituídos de 17 dias cada. O número de avaliações realizadas por experimento foi restrito e igual a 30.

Para a realização das avaliações foram utilizadas oito pessoas (alunos de pós-graduação, e estagiários alunos de graduação em engenharia agrônômica da USP/ESALQ) de forma escalonada. Ao final as mensurações intrínsecas ao comportamento ingestivo foram somadas, identificando-se, o tempo gasto pelos animais em cada atividade. Dentre as atividades observadas, estão os períodos em que os animais se encontravam em ócio, em pé ou deitado; período de ruminação, com os animais em pé ou deitado e quando estavam ingerindo água ou ração. Os parâmetros estabelecidos de acordo com essas variáveis, expressas em minutos por dia foram: tempo total de ingestão da ração, tempo total de ruminação (soma do período de ruminação com o animal em pé ou deitado), tempo total de mastigação (soma dos tempos totais de ingestão de ração e de ruminação) (ARMENTANO; PEREIRA, 1997). Após a coleta dos dados foi calculada também a atividade total de mastigação em minutos.kg⁻¹ de MS e minutos.kg⁻¹ de FDN de acordo com as equações (6) e (7) (ARMENTANO; PEREIRA, 1997):

$$(7) \text{ Tempo por unidade de MS} = \text{minutos do dia mastigando ou ruminando} \cdot \text{kg de MS}^{-1}$$

$$(8) \text{ Tempo por unidade de FDN} = \text{minutos do dia mastigando ou ruminando} \cdot \text{kg de FDN}^{-1}$$

3.2.9. Determinação da produção e composição do leite e pesagem dos animais

As pesagens e a amostragem do leite, foram realizadas individualmente por vaca e por ordenha, às 7h00 e às 15h00 nos últimos três dias de coleta de cada experimento, por meio de medidores do tipo *Mark 5 Milk Meter*. Para a determinação da composição do leite foram coletadas amostras proporcionais à produção individual do animal por ordenha.

As amostras foram preservadas em frascos plásticos contendo conservante (2-bromo-2-nitropropano 1-3-diol) e enviadas para a Clínica do Leite do Departamento

de Zootecnia da USP/ESALQ. Foram realizadas análises para: gordura, proteína, lactose, sólidos totais, extrato seco desengordurado e uréia. A proteína bruta, gordura, lactose, e sólidos totais foram determinados por meio da técnica de infravermelho enquanto a determinação da uréia foi por espectrofotometria.

A produção de leite corrigida para 3,5% de gordura (PLCG 3,5%) foi calculada a partir da equação (6) proposta por Tyrrel e Reid (1965).

$$(9) \text{ PLCG } 3,5\% = 0,4324 * \text{ kg leite} + 16,216 * \text{ kg gordura}$$

A pesagem dos animais foi realizada no início e no final de cada experimento, após a realização da ordenha da tarde. Antes dos animais receber a segunda parte da ração diária.

3.2.10. Coleta de sangue

No último dia de cada período experimento foram coletadas amostras de sangue 4 horas após o fornecimento matinal da ração. A coleta foi realizada por meio de punção na veia coccígea e as amostras foram armazenadas em tubos de ensaio a vácuo contendo 5 mg de fluoreto de sódio como antiglicolítico e 5 mg de EDTA (ácido etilenodiamino tetra-acético) como anticoagulante. Sequencialmente, as amostras foram centrifugadas a 2000 x g, durante 20 minutos, a 4°C. O plasma foi armazenado em tubetes plásticos em freezer para a determinação do teor de glicose a partir da leitura direta em auto-analisador bioquímico YSI 2700 (Biochemistry Analyser, Yellow Spring, OH, EUA) e de uréia segundo metodologia proposta por Chaney e Marbach (1962).

3.2.11. Delineamento experimental e análise estatística

Em decorrência da inconsistência dos equipamentos em manter o TMP previamente planejado, o banco de dados utilizado para desenvolver as equações de predição dos resultados de desempenho foi gerado com base nos três experimentos, representados por cada grupo de animais em cada piquete durante os 17 dias de período experimental. As medidas de relevância para a avaliação do desempenho dos animais foram as seguintes: consumos de MS (CMS), FDN (CFDN), FDA (CFDA) e hemicelulose (CHEMI); índice de seleção; comportamento

ingestivo, composição do leite e parâmetros sanguíneos. Para tanto, foi desenvolvido um modelo matemático específico para cada variável. Esse tratamento estatístico específico foi necessário, uma vez que as mensurações de consumo de nutrientes e índice de seleção foram coletadas por grupo, ou seja, medidas coletivas. No caso das variáveis de comportamento ingestivo, composição do leite e parâmetros sanguíneos foram desenvolvidos outros modelos, por serem medidas individuais. A equação utilizada foi de regressão linear ou quadrática em decorrência da evolução do tamanho médio de partícula (mm) ao longo dos períodos experimentais.

Para essas avaliações foi utilizado o procedimento MIXED do SAS, versão 9.3.1, com adequação dos coeficientes fixos. O método utilizado foi de modelos mistos, que consiste num estimador que minimiza a soma dos quadrados dos resíduos da regressão, de forma a maximizar o grau de ajuste do modelo. As equações de regressões lineares (equação 10) ou quadráticas (equação 11) foram selecionadas com base no ajuste aos dados em relação ao tamanho médio de partícula (TMP; mm).

$$(10) \quad \text{Linear} \quad \hat{y} = a + b \times TMP$$

$$(11) \quad \text{Quadrática} \quad \hat{y} = a + b_1 \times TMP + b_2 \times TMP^2$$

3.3. Resultados

3.3.1. Consumo de nutrientes

A distribuição média dos tamanhos de partículas da cana-de-açúcar *in natura*, das rações completas que a continham, fornecidas para vacas em lactação e das sobras estão apresentadas na Tabela 3.5. Pode-se observar que as peneiras que apresentaram maiores variações foram as Y1 e Y4, o que explica as possíveis alterações no *pef* (%) que foi determinado a partir da somas das proporções retidas nas peneiras Y1 a Y3, respectivamente (DOHME; DEVRIES, BEAUCHEMIN, 2008) (Tabela 3.5).

Tabela 3.5 – Distribuição das partículas da cana-de-açúcar, das sobras e da ração total fornecida e para vacas em lactação alimentadas com rações contendo cana-de-açúcar processada mecanicamente sob vários tamanhos de partículas

Valores	Cana-de-açúcar		Ração total		Sobras	
	Média	DP ¹	Média	DP ¹	Média	DP ¹
Y1 = > 38 mm, %	1,87	2,97	3,26	3,12	15,41	14,03
Y2 = 19 - 38 mm, %	8,18	4,21	8,95	4,81	18,40	8,39
Y3 = 7,8 - 19 mm, %	50,06	12,83	32,71	11,15	41,70	12,73
Y4 = < 7,8, %	39,89	14,36	55,08	15,90	24,50	20,25
TMP, mm ²	1,33	0,51	9,53	2,01	2,98	2,01
<i>pef</i> , % ³	0,60	5,37	0,45	4,23	-	-

¹DP = desvio padrão; ²TMP (mm) = tamanho médio de partícula calculado pelo método do *Penn State Particle Size Separator*; ³*pef* (%) = fator de efetividade determinado a partir da porcentagem da soma das proporções das partículas retidas nas peneiras de Y1, Y2 e Y3 (DOHME; DEVRIES, BEAUCHEMIN, 2008).

A variável consumo de matéria seca (CMS) apresentou regressão quadrática ($P = 0,0472$, Tabela 3.5 e Figura 3.4). Na Tabela 3.7 estão relacionados os valores mínimos, médio e máximos das variáveis de consumo de nutrientes. O consumo médio de MS e o consumo expresso em % PV ao longo dos experimentos foi de 18,26 kg.dia⁻¹ e 3,73 % PV (Tabela 3.7). O menor tamanho de partícula resultante

das avaliações realizadas durante os experimentos foi de 4,75 mm e o maior 15,90 mm.

Tabela 3.6 – Equações de regressão das variáveis de consumo de nutrientes de vacas em lactação alimentadas com rações contendo cana-de-açúcar processada mecanicamente sob vários tamanhos de partículas

Variável	Regressão		Equação
	Linear	Quadrática	
CMS ¹	ns ⁷	P = 0,0472	$\hat{y} = 28,1782 - 1,8369 \times TMP + 0,08553 \times TMP^2$
CEE ²	P < 0,0001	ns ⁷	$\hat{y} = 0,2127 - 0,00438 \times TMP$
CFDN ³	ns ⁷	P = 0,0004	$\hat{y} = 4,4741 + 1,4669 \times TMP - 0,07524 \times TMP^2$
CFDA ⁴	ns ⁷	P < 0,0001	$\hat{y} = 0,4124 + 1,1607 \times TMP - 0,05346 \times TMP^2$
CHEMI ⁵	ns ⁷	P < 0,0001	$\hat{y} = 1,6506 + 0,7887 \times TMP - 0,04058 \times TMP^2$
CMM ⁶	P < 0,0001	P = 0,0003	$\hat{y} = 0,7457 + 0,1089 \times TMP - 0,00696 \times TMP^2$

¹CMS = consumo de matéria seca; ²CEE = consumo de extrato etéreo; ³CFDN = consumo de fibra em detergente neutro; ⁴CFDA = consumo de fibra em detergente ácido; ⁵CHEMI = consumo de hemicelulose; ⁶CMM = consumo de matéria mineral, ⁷ns = não significativo (P > 0,005).

Tabela 3.7 – Valores de consumo de nutrientes de vacas em lactação alimentadas com rações contendo cana-de-açúcar processada mecanicamente sob vários tamanhos de partículas das rações contendo cana-de-açúcar

Valores	CMS	CMS	CPB	CFDN	CFDA	CHEMI	CEE	CMM	TMP
	(%PV)			kg.dia ⁻¹					mm
Mínimo	2,03	9,94	1,10	5,52	2,88	2,46	0,09	0,62	4,75
Médio	3,73	18,26	2,17	11,61	6,54	5,40	0,17	1,14	9,53
Máximo	4,96	24,30	3,49	17,30	10,56	8,10	0,27	1,79	15,90
<i>Desvio Padrão</i>	<i>2,43</i>	<i>0,50</i>	<i>0,50</i>	<i>2,52</i>	<i>1,35</i>	<i>1,12</i>	<i>0,03</i>	<i>0,21</i>	<i>2,01</i>

Dentre as variáveis fundamentais na avaliação dos efeitos do TMP nas rações de vacas leiteiras estão o CMS e o consumo de FDN (CFDN). Na Figura 3.4 está apresentado o modelo predito pela análise de regressão e os valores observados ao longo dos experimentos. Neste estudo o CFDN apresentou regressão quadrática (P = 0,0004; Tabela 3.6; Figura 3.4 e 3.5), bem como os demais consumos das frações

fibrosas, dentre eles o consumo de FDA e hemicelulose (CFDA e CHEMI) ($P < 0,0001$).

Figura 3.4 – Regressão quadrática do consumo de matéria seca (CMS kg.dia⁻¹) e fibra em detergente neutro (CFDN kg.dia⁻¹) predito e observado em relação ao tamanho médio de partícula

Figura 3.5 – Regressão quadrática do CFDN kg.dia⁻¹, do CFDA kg.dia⁻¹ e do CHEMI associado ao tamanho médio de partícula

A análise de regressão para o consumo de PB (CPB) não apresentou diferenças estatísticas ($P > 0,05$) ao longo dos experimentos, portanto neste ensaio o tamanho médio de partícula não apresenta influência sobre o CPB

(Tabela 3.6). No entanto, os consumos de EE e MM (CEE e CMM) demonstraram ser influenciados pelo tamanho de partícula, como demonstrado na Tabela 3.6 e Figura 3.6.

Figura 3.6 – Regressão quadrática do consumo de extrato etéreo (CEE kg.dia⁻¹) e matéria mineral (CMM kg.dia⁻¹) em relação ao tamanho médio de partícula

3.3.2. Composição do leite

Na Tabela 3.8 estão apresentadas as análises de regressão ajustadas para o desempenho das vacas em lactação. No presente estudo foi constatada regressão quadrática para a produção do leite (PL; $P = 0,0269$), proteína do leite (%; $P = 0,0009$), sólidos totais (%; $P = 0,0457$) e nitrogênio uréico no leite (mg.dL⁻¹; $P = 0,0097$). Pode-se também verificar adequação para regressão linear no teor de gordura do leite (kg; $P = 0,0360$) e proteína do leite (kg; $P = 0,0360$). Na Figura 3.7 está demonstrada a associação do TMP com as variáveis PL, gordura do leite, consumo de FDN e a porcentagem de proteína do leite.

Não foram encontrados modelos que se ajustassem para as variáveis: PLCG 3,5, lactose, sólidos totais (kg), ESD, relação gordura:proteína e componentes do plasma sanguíneo. Os valores mínimos e máximos estão apresentados na Tabela 3.9.

Tabela 3.8 – Equações de regressão da produção e composição do leite de vacas em lactação alimentadas com rações contendo cana-de-açúcar processada mecanicamente sob vários tamanhos de partículas

Variável	Regressão		Equação
	Linear	Quadrática	
PL ¹	ns ⁵	P = 0,0269	$\hat{y} = -1,7145 + 3,0401 \times TMP - 0,1605 \times TMP^2$
PLCG 3,5 ²	ns ⁵	ns ⁵	-
Gordura, %	ns ⁵	ns ⁵	-
Gordura, kg	P = 0,0380	ns ⁵	$\hat{y} = 0,6882 - 0,01188 \times TMP$
Proteína, %	ns ⁵	P = 0,0009	$\hat{y} = 6,2894 - 0,5328 \times TMP + 0,02775 \times TMP^2$
Proteína, kg	P = 0,0360	ns ⁵	$\hat{y} = 0,5991 - 0,01097 \times TMP$
ST, % ³	ns ⁵	P = 0,0457	$\hat{y} = 19,0275 - 1,1813 \times TMP + 0,06039 \times TMP^2$
NU, mg.dL ⁻¹ ⁴	ns ⁵	P = 0,0097	$\hat{y} = 37,4156 - 5,7721 \times TMP + 0,2990 \times TMP^2$

¹PL = produção de leite; ²PLC 3,5 = produção de leite corrigida para 3,5 % de gordura; ³ST = sólidos totais; ⁴NU = nitrogênio ureico no leite; ⁵ns = não significativo (P > 0,05)

Figura 3.7 – Regressão quadrática da produção, gordura, proteína, sólidos totais e nitrogênio uréico do leite (PL, gordura; kg.dia^{-1} ; proteína; %) e do consumo de fibra em detergente neutro (CFDN kg.dia^{-1}) em relação ao tamanho médio de partícula

Tabela 3.9 – Valores médios da composição de leite e do plasma sanguíneo de vacas alimentadas com rações contendo cana-de-açúcar processada mecanicamente sob vários tamanhos de partículas

Variável	Mínimo	Média	Máximo	DP ¹	Regressão	
					Linear	Quadrática
Componentes do leite						
PL, kg.d ^{-1 2}	9,86	16,46	26,65	3,180	ns ⁸	P = 0,0269
PLCG 3,5, kg.an.d ^{-1 3}	10,77	16,98	29,13	3,440	ns ⁸	ns ⁸
ST, % ⁴	9,61	12,51	14,89	1,130	ns ⁸	P = 0,0457
ST, kg	1,14	2,02	3,09	0,404	ns ⁸	ns ⁸
Gordura, %	2,61	3,81	5,59	0,618	ns ⁸	ns ⁸
Gordura, kg	0,334	0,608	0,910	0,132	P = 0,0380	ns ⁸
Proteína, %	2,70	3,51	4,46	0,401	ns ⁸	P = 0,0009
Proteína, kg	0,324	0,567	0,780	0,109	P = 0,0360	ns ⁸
Lactose, %	3,57	4,20	4,80	0,267	ns ⁸	ns ⁸
Lactose, kg	0,36	0,68	1,19	0,148	ns ⁸	ns ⁸
ESD, % ⁵	6,86	8,70	9,80	0,625	ns ⁸	ns ⁸
ESD, kg	0,81	1,40	2,18	0,275	ns ⁸	ns ⁸
NU, mg.dL ^{-1 6}	5,83	10,10	16,10	2,480	ns ⁸	P = 0,0097
Gord:Prot	0,82	1,07	1,31	0,100	ns ⁸	ns ⁸
ECL ⁷	9,82	17,37	28,02	3,500	ns ⁸	ns ⁸
Componentes do plasma sanguíneo						
NU, mg.dL ⁻¹	4,76	17,42	40,80	6,070	ns ⁸	ns ⁸
Glicose, mg.dL ⁻¹	27,0	56,0	86,1	0,095	ns ⁸	ns ⁸

¹DP = desvio padrão; ²PL = produção de leite; ³PLCG 3,5 = produção de leite corrigida para 3,5% de gordura; ⁴ST = sólidos totais; ⁵ESD = extrato seco desengordurado; ⁶NU = nitrogênio ureico; ⁷ECL = energia corrigida para leite; ⁸ns = não significativo (P > 0,005)

3.3.3. Índice de seleção

Na Tabela 3.10 está demonstrado o índice de seleção (IS) calculo com base na equação: $100 \times (\text{ingestão observada} / \text{ingestão predita})$. Foi observado ajuste para

o modelo de regressão para a peneira Y1 (retenção de partículas maiores que 38 mm) e Y2 (retém partículas entre 19 e 38 mm). A média para o IS nas peneiras Y1 e Y2 foi de 52,15 e 82,01% e a probabilidade dos modelos em se ajustar aos dados foi de $P < 0,0001$ e $P = 0,0502$, respectivamente (Tabela 3.10).

A equação gerada pelo modelo para o IS está demonstrada na Tabela 3.10 e a predição do mesmo em relação ao tamanho médio de partícula está na Figura 3.8. O modelo sugere que maiores tamanhos de partículas aumentam o índice de seleção. De acordo com a variação do TMP, que foi de 4,75 a 15,90 mm, o modelo ajustado resultou em valores para índice de seleção entre 32,91 e 123,16%, para a Y1 e entre 64,16 e 105,27 para Y2.

Tabela 3.10 – Equações de regressão linear sobre o índice de seleção (%) de vacas em lactação alimentadas com rações contendo cana-de-açúcar processada mecanicamente sob vários tamanhos de partículas

Variável	Média	Regressão		Equação
		Linear	Quadrática	
Y1 = > 38 mm	52,15 ^d	$P < 0,0001$	ns ¹	$\hat{y} = -2,96 + 7,5519 \times TMP$
Y2 = 19 - 38 mm	82,01 ^c	$P = 0,0502$	ns ¹	$\hat{y} = 47,82 + 3,44 \times TMP$
Y3 = 7,8 - 19 mm	95,54 ^b	ns ¹	ns ¹	-
Y4 = < 7,8 mm	106,74 ^a	ns ¹	ns ¹	-

¹ns = não significativo; ²TMP = tamanho médio de partícula; ^{a,d} Médias na mesma coluna, com letras minúsculas sobrescritas iguais, diferem umas das outras para o mesmo alimento;

Figura 3.8 – Índice de seleção (%) da fração Y1 e Y2 de rações contendo cana-de-açúcar processada

3.3.4. Comportamento ingestivo

Na Tabela 3.11 estão relatados os valores mínimos, médios e máximos das variáveis de comportamento ingestivo de vacas em lactação alimentadas com cana-de-açúcar processada em tamanho de partículas diferentes. Apenas para o tempo de mastigação da MS foi observado efeito quadrático com $P = 0,0479$. No entanto, para as variáveis tempo de mastigação, tempo de ingestão, tempo de mastigação/kg de MS e tempo de ingestão/kg de FDN foram verificadas ajustes apenas para regressão linear (Tabela 3.11).

Tabela 3.11 – Comportamento ingestivo de vacas em lactação alimentadas com rações contendo cana-de-açúcar processada mecanicamente sob vários tamanhos de partículas

Comportamento	Valores			DP ¹	Regressão	
	Ingestivo	Mínimo	Médio		Máximo	Linear
Tempo total, minutos.d ⁻¹						
Ingestão	225,0	384,6	525,0	57,9	P = 0,0366	ns ²
Ruminação	315,0	514,3	675,0	61,1	ns ²	ns ²
Mastigação	540,0	898,9	1100,0	85,0	ns ²	ns ²
Tempo por unidade de MS, minutos.kg MS ⁻¹						
Ingestão	12,0	20,3	33,2	3,8	P < 0,0001	ns ²
Ruminação	16,8	26,3	34,5	3,4	ns ²	ns ²
Mastigação	28,8	47,4	64,2	6,3	P < 0,0001	P = 0,0479
Tempo por unidade de FDN, minutos.kg FDN ⁻¹						
Ingestão	21,8	33,2	56,5	7,6	P < 0,0155	ns ²
Ruminação	29,2	44,5	69,0	9,4	ns ²	ns ²
Mastigação	52,3	77,7	112,7	15,4	ns ²	ns ²

¹DP = desvio padrão; ²ns = não significativo

Na Figura 3.9 estão as variáveis que foram preditas pelo ajuste do modelo por meio da regressão linear ou quadrática. Nesta figura, pode-se observar a ocorrência de respostas máximas e mínimas dos tamanhos de partículas associados a variável estudada. O modelo ajustado estimou que maiores tamanhos de partículas promovem aumento no tempo total de mastigação e também do tempo dispendido

em ingestão de cada unidade de MS e de FDN, bem como o tempo de mastigação (Figura 3.9).

Tabela 3.12 – Equações de regressão das variáveis de comportamento ingestivo de vacas em lactação alimentadas com rações contendo cana-de-açúcar processada mecanicamente sob vários tamanhos de partículas

Variável	Regressão		Equação
	Linear	Quadrática	
Tempo total, minutos.d ⁻¹			
Ingestão	P = 0,0366	ns ¹	$\hat{y} = 318,42 + 7,0225 \times TMP^2$
Ruminação	ns ¹	ns ¹	-
Mastigação	ns ¹	ns ¹	-
Tempo por unidade de MS, minutos.kg MS ⁻¹			
Ingestão	P < 0,0001	ns ¹	$\hat{y} = 7,4855 + 1,3485 \times TMP$
Ruminação	ns ¹	ns ¹	-
Mastigação	P < 0,0001	P = 0,0479	$\hat{y} = 85,5342 - 10,2731 \times TMP + 0,6526 \times TMP^2$
Tempo por unidade de FDN, minutos.kg FDN ⁻¹			
Ingestão	P = 0,0155	ns ¹	$\hat{y} = 24,9394 + 0,9910 \times TMP$
Ruminação	ns ¹	ns ¹	-
Mastigação	ns ¹	ns ¹	-

¹ns = não significativo (P > 0,05)

Figura 3.9 – Regressão quadrática do tempo de ingestão (minutos por dia), tempo de mastigação por kg de matéria seca (Min/kg MS M), tempo de ingestão por kg de matéria seca (Min/kg MS I) e por kg de fibra em detergente neutro ingerindo (Min/kg FDN I) em relação ao tamanho médio de partícula

3.4. Discussão

O modelo quadrático predito para o CMS indicou que inicialmente com o aumento do TMP o CMS foi reduzido em relação aos menores tamanhos de partículas, isto é, quando se observa o intercepto da regressão (Figura 3.4). Estudos prévios não têm apresentado resultados consistentes sobre o efeito do TMP sobre o consumo de nutrientes. Alguns experimentos (CLARK; ARMENTANO, 1999; BAL et al., 2000; SCHWAB et al., 2002) não mostram influência da TMP, enquanto que outros trabalhos demonstraram efeitos consistentes de TMP (KONONOFF; HENRICHES; LEHMAN, 2003; KRAUSE; COMBS; BEAUCHEMIN, 2003; ONETTI;

REYNAL; GRUMER, 2004) no consumo de MS. É provável que o aumento do CMS apresente interação entre TMP e a proporção volumoso:concentrado. Quando rações fornecidas para vacas em lactação apresentam alta relação volumoso:concentrado, a redução do TMP do volumoso pode aumentar a taxa de passagem das partículas pelo rúmen, o que pode induzir em aumento da ingestão de ração. Esse efeito responde pela porção anterior da equações quadráticas de CMS e CFDN, em que o menor TMP aumentou a ingestão de MS. Após atingir o seu menor valor de ingestão de MS com 10,72 mmde TMP, os aumentos em TMP ressaltaram em aumento na ingestão, e que sugere seleção por parte dos animais.

Como descrito, vários são os fatores intrínsecos aos alimentos que podem influenciar o CMS, como tamanho de partícula, digestibilidade, taxa de passagem e enchimento do retículo rúmen. O consumo médio de MS observado foi de 18,26 kg.d⁻¹ (Tabela 3.7), sendo este valor próximo aos observados por Costa et al. (2005) e Magalhães et al. (2004), que alimentaram vacas em lactação com cana-de-açúcar e observaram CMS de 15,77 e 17,27 kg.d⁻¹, respectivamente. Mendonça et al. (2004a) alimentaram vacas em lactação com rações contendo cana-de-açúcar com 1,0% de uréia e reportaram CMS de 14,4 kg.d⁻¹.

Vários estudos (PAIVA et al., 1991; RIBEIRO et al. 2000; EZEQUIEL et al. 2005) registraram baixo consumo de MS para rações contendo cana-de-açúcar e relatam que este evento está relacionado com a baixa digestibilidade da fração FDN (OLIVEIRA, 2001), menor taxa de passagem e o maior tempo de retenção deste alimento no rúmen (EZEQUIEL, et al. 2005). No entanto, nenhum desses trabalhos relataram que o baixo consumo poderia estar relacionado com o tamanho médio de partícula, característico de fonte de cana-de-açúcar utilizada.

O ajuste do modelo demonstrou que, o aumento do tamanho de partícula tende a diminuir o consumo total da parede celular, representado no presente estudo pelas frações de FDN, FDA e hemicelulose (Figura 3.5). O consumo médio de FDN para as rações contendo cana-de-açúcar processada em diferentes tamanhos de partículas foi de 11, 61 kg.d⁻¹ na MS. O CFDN em relação a % de PV para maximizar a PLCG 3,5, de acordo com Mertens (1994), varia entre 1,2 + 0,1% do peso corporal. No entanto, valores superiores aos observado por Mertens (1994) foram

encontrados neste estudo (2,36 % PV). Mesmo que, neste ensaio a comparação dos tamanhos de partículas ao longo dos experimentos não tenha sido suficiente para ajustar a regressão para a variável PLCG 3,5, em que a média foi de 16,98 kg.d⁻¹, é provável que a tendência para a diminuição do consumo de FDN tenha ocorrido devido à preferência das menores partículas pelos animais, visto que maiores concentrações de FDN podem ser normalmente observadas nas sobras dos animais.

Esse comportamento pode ser explicado pelo índice de seleção na fração Y1 ser estatisticamente menor (Tabela 3.10; $P < 0,05$) quando comparado com a fração Y4, cuja retenção é de partículas menores que 7,8 mm (52,15% vs 106,74%, respectivamente). Estes valores indicam que as vacas preferiram as partículas finas, obtidas na fração Y4 ($< 7,8$ mm) em relação às partículas longas, representadas pelas frações Y1 e Y2. Para essas frações foram ajustadas equações lineares e os valores estimados para a fração Y1 encontraram-se entre 32,91 e 123,16% e para a fração Y2 entre 64,16 e 105,27% (Figura 3.8). A análise de regressão indicou que quando o TMP é crescente, maiores índices de seleção podem ser observados, o que não era esperado. Sendo assim, não é possível avaliar se este comportamento ocorreu devido à mudança na distribuição do tamanho da partícula da ração oferecida ou se foi resultado do menor teor de umidade das amostras avaliadas, principalmente das sobras, visto que as porcentagens de retenções não tenham sido corrigidas para o teor de MS. Dessa forma, maiores índices de seleção nesta fração poderiam ser o resultado da maior porcentagem de partículas longas oferecidas. Essa explicação também é apoiada por Leonardi; Armentado (2003).

Devido ao fato do maior índice de seleção ser procedente da fração Y4, normalmente composta por grande parte dos ingredientes concentrados, aumentos no consumo de MM e EE deveriam ser encontrados. Entretanto, reduções nos consumos de MM e EE associados ao aumento do TMP, como apresentado na Figura 3.6 (Tabela 3.3) foram observados. É difícil explicar esse comportamento, principalmente pelo fato das equações sugerirem aumento do CMS com maiores TMP.

A variedade utilizada neste ensaio (RB72-454), segundo Freitas et al. (2006), possui valores considerados médios a baixos para FDN e lignina (55,46 e 11,68%, respectivamente), valores observados para a cana-de-açúcar utilizada neste experimento para essas variáveis foram de 51,54 e 4,55%, respectivamente. Valores esses inferiores aos observados por Freitas et al (2006). Porém, estes teores também poderiam estar relacionados com a diminuição do consumo de rações contendo cana-de-açúcar fornecidas para ruminantes, devido à baixa digestibilidade ou a menor taxa de digestão de sua fibra no rúmen (PRESTON, 1982), como descrito anteriormente. Mesmo porque Van Soest (1994) também considera que o teor de FDN apresenta estreita relação com o consumo de forragens e, conseqüentemente, com o desempenho dos animais.

Diversos estudos (ALBRIGHT, 1993; LEONARDI; SHINNERS; ARMENTANO, 2005; DEVRIES; BEAUCHEMIN; VON KEISERLINGK, 2007), que avaliaram o comportamento ingestivo de animais, demonstraram que o fornecimento de ração total parece ser uma das estratégias mais positivas para se obter rações com maiores consumo e menor seletividade, ou seja, maiores índices de seleção. Além dessas características, o fornecimento de rações totais pode alterar a efetividade da fibra bem como o ambiente ruminal (ONETTI; REYNAL; GRUMMER, 2004). Sendo assim, os dados apresentados neste estudo são aplicados à sistemas onde se utiliza a técnica de ração total

Leonardi; Armentano (2003) e Osafo et al. (1997) relataram que, quando as forragens são processadas, ocorre aumento na capacidade dos animais em recusar materiais grosseiros (representados geralmente por colmos), ou seja, preferir partículas finas. Dessa forma, os resultados encontrados neste ensaio confirmam o relatado por esses autores, onde o índice de seleção foi significativamente maior ($P < 0,0001$; Tabela 3.10) para as peneiras cujos diâmetros eram menores que 7,8 mm. Embora os tamanhos de partículas gerados pelos equipamentos utilizados apresentassem variação consideravelmente ampla (4,75 – 15,90 mm), esses não foram suficientemente capazes de alterar o índice de seleção para as partículas representadas pelas frações Y3 e Y4. No entanto, os TMP gerados foram suficientemente capazes de alterar o comportamento ingestivo de vacas em lactação

De acordo com o modelo gerado a partir dos dados obtidos, pode-se observar que com o aumento do tamanho de partícula o tempo total de ingestão, tempo de ingestão por kg de MS e de FDN e o tempo de mastigação por kg de MS aumentaram (Figura 3.9). As médias observadas para essas variáveis foram de: 384,6 min.d⁻¹; 20 min.kg⁻¹ MS; 33,2 min.kg⁻¹ FDN e 47,4 min.kg⁻¹ MS, respectivamente. Os valores médios observados neste estudo para tempo total de ingestão, tempo de ingestão e mastigação por kg de MS são superiores aos observados por Corrêa et al. (2003). Os autores alimentaram vacas em lactação com cana-de-açúcar em uma proporção de volumoso:concentrado de 45:55 e observaram valores de 234 min.d⁻¹; 11,4 e 33,6 min.kg⁻¹ MS, respectivamente. É provável que no presente estudo valores superiores ao reportado pela literatura tenham sido observados para os parâmetros citados devido a diferenças na proporção volumoso: concentrado, que foi de 60:40.

De acordo com a equação gerada para o tempo de mastigação por unidade de MS, foi encontrado que rações contendo cana-de-açúcar com TMP de 15,90 mm promoveram tempo de mastigação por unidade de MS de 87,70 min. Enquanto que, rações com 4,75 mm resultaram em 51,46 min. A redução no tempo de mastigação para essa variável foi de 59 %. Dessa forma quando se compara essa redução com os resultados observados por Mertens (1997) que relatou, quando é realizada a diminuição do feno de alfafa pela picagem de comprimento médio de partícula de 25 mm para cinco mm resulta na redução de 57 % por kg de MS no tempo total de mastigação para. de a redução do tamanho de partícula de rações contendo cana-de-açúcar de 15,90 mm para 4,75 mm foi de 59%, valor esse semelhante ao observado neste estudo.

Variável importante para o comportamento ingestivo, que frequentemente é alterada pela modificação do tamanho de partícula é o tempo de ruminação. No entanto, neste ensaio nenhum modelo foi ajustado para esta variável. O tempo total de ruminação permaneceu entre 315 e 675 min.d⁻¹ e o tempo total de mastigação entre 540 e 1100 min.d⁻¹. No entanto, o tempo médio despendido com ruminação neste ensaio (514,6 min.d⁻¹) é maior do que o observado por Corrêa et al. (2003) o qual foi de 453 min./d.

Entretanto, Mendonça et al. (2004b), forneceram cana-de-açúcar em uma proporção de 60:40 para vacas em lactação e observaram tempo de ruminação de 465 min.d⁻¹. Este valor está entre os valores mínimos e máximos relatados no presente ensaio (Tabela 3.10). Os valores observados neste ensaio estão dentro do recomendado por Sudweeks et al. (1981), em relação à diminuição do risco com desordens metabólicas, em que o tempo de ruminação deve ser maior do que 360 min.d⁻¹, ou que a atividade de mastigação seja de 30 min.kg⁻¹ de MS, para que os distúrbios metabólicos sejam controlados.

Em relação ao desempenho de vacas leiteiras alimentadas com rações contendo cana-de-açúcar, foi gerada regressão quadrática para algumas variáveis por meio de ajustes dos dados observados. De acordo com a equação pode-se observar que a PL e a % de gordura do leite é diminuída quando associada ao aumento do tamanho médio de partícula (Figura 3.7). No entanto, estudos relatam que menores produções de leite podem ser observadas quando a cana-de-açúcar é fornecida aos animais, podendo ser explicadas pelo baixo CMS, consequentemente de nutrientes (COSTA et al., 2005; MAGALHÃES et al., 2004; MENDONÇA et al., 2004a). A redução na PL com o aumento do TMP não condiz com o aumento do CMS na Figura 4.5, uma vez que esse incremento de ingestão foi atribuído à seleção da ração e ingestão de maior proporção de concentrados pelo animal. Com a maior ingestão de ingredientes concentrados a PL deveria ter sido aumentada, sob maior TMP. Assim, o declínio da PL sob maior TMP não tem explicação aparente.

Embora a produção média de leite encontrada neste estudo (16,46 kg.d⁻¹; Tabela 3.9) não tenha sido insatisfatória; é provável que, maiores produções não fossem alcançadas devido ao menor potencial genético dos animais utilizados e pelo rebanho ser provido de animais em vários estágios de lactação.

Variável importante que normalmente é modificada quando se altera o tamanho de partícula ou o *pef* (%) dos alimentos é a gordura do leite. Mertens (1997) relatou que quando o tamanho de partícula é alterado, mudanças na porcentagem da gordura do leite podem ocorrer. De acordo com a regressão linear obtida neste ensaio para a gordura do leite associada ao tamanho médio de partícula (mm),

pode-se inferir que o aumento do tamanho de partícula ou do *pef* (%) diminuiu linearmente a quantidade de gordura do leite (Figura 3.7).

Embora a hipótese original sugira que a porcentagem de gordura do leite aumentaria com o aumento do tamanho de partícula como observado por Grant; Colenbrander; Mertens (1990) e Fischer et al. (1994), nenhum efeito significativo similar foi observado por Colenbrander; Noller; Grant (1991) e Belyea et al. (1989). Por estas razões, a utilização da gordura do leite como medida para avaliar a efetividade da fibra foi questionada por Allen (1997), especialmente quando se trata de vacas em estágio de lactação mais avançado, as quais são menos responsivas às mudanças dietéticas. Portanto, a ausência de resposta da gordura do leite em relação à redução do tamanho de partícula pode estar relacionada com o atendimento das exigências recomendadas pelo NRC (2001). De acordo com essas informações, Beauchemin; Rode (1997) sugeriram que, fosse mais provável ocorrer depressão na gordura do leite quando FDN está abaixo das exigências mínimas. Sendo assim, no presente estudo a diminuição da gordura do leite indicada pela regressão estaria mais relacionada com menores consumos de FDN (Figura 3.7) do que com o tamanho médio de partícula, pois quando o CFDN diminuiu a quantidade de gordura do leite seguiu comportamento semelhante. O menor consumo de FDN provavelmente ocorreu devido à preferência dos animais pelas menores partículas. Sendo assim, os animais rejeitaram os maiores tamanhos, representados pelos colmos e palhas, os quais apresentam em sua composição maiores componentes fibrosos (GIGER-RIVERDIN, 1995). Com isso supõe-se novamente que sob maior TMP, houve indiretamente maior proporção de concentrados na ração, fato que corrobora a tendência linear de declínio da produção de gordura no leite (Tabela 3.8).

Estudos realizados por Mendonça et al. (2004a) e Magalhães et al. (2004), utilizando cana-de-açúcar como volumoso na alimentação de vacas leiteiras encontraram teor de gordura do leite de 3,80 e 3,85% respectivamente, valores esses semelhantes aos observados neste estudo, cuja média foi de 3,81% (Tabela 3.9).

No entanto, a porcentagem de proteína do leite, de acordo com o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade do Leite Cru Resfriado (Instrução Normativa nº 51 do MAPA) deve ser de no mínimo 2,9%, valor esse inferior à média observada no presente estudo (3,51%). É provável que as maiores porcentagens de proteína do leite observadas neste estudo estejam relacionadas com fluxo adequado de aminoácidos, principalmente lisina e metionina, para o intestino. Outra probabilidade está relacionada com o fato do rebanho utilizado ter predominantemente animais da raça Jersey, raça esta que revela percentuais de gordura e sólidos totais no leite normalmente superiores aos animais da raça Holandesa (RIBEIRO et al., 2000).

O valor médio observado para a % de proteína do leite (3,51) é semelhante ao observado por Costa et al. (2005) e Magalhães et al. (2004), que encontraram valores de 3,63% de proteína no leite de vacas holandesas alimentadas com cana *in natura*, na proporção de 60%.

As equações (Tabela 3.8) ajustadas pela análise de regressão sugerem que o tamanho de partícula da ração fornecida contendo cana-de-açúcar poderia aumentar a taxa de passagem de partículas menores, disponibilizando maiores concentrações de energia, permitindo assim maior síntese e concentração de proteína no leite. De acordo com Wu e Huber (1994), de todos os fatores dietéticos que influenciam a síntese de proteína do leite, a energia certamente é a mais importante. De acordo com essa informação, para a formulação das rações utilizou-se o modelo predito pelo NRC (2001), para exigências de nutrientes para gado leiteiro. Com base na simulação realizada, o consumo predito foi de 16,2 kg.d⁻¹ que contém 1,38 Mcal/kg de EL_L (energia líquida de lactação) para produção alvo de 20,0 kg.d⁻¹. Sendo assim, os valores preditos estão de acordo com aqueles recomendados por Schwab (1996).

De acordo com Reynolds et al. (2001), o volume de leite produzido é determinado pelo fluxo de glicose para a glândula mamária, visto também que este nutriente é precursor da lactose. No entanto, as exigências em glicose pelas vísceras podem limitar o fluxo de glicose para a glândula mamária o que pode afetar a produção de leite. Em função da intensa utilização da glicose pelas vísceras, ela se torna um metabólito importante a ser avaliado. Os níveis considerados normais

para a glicose são de 45 a 75 mg.dL⁻¹ (KANEKO; HARVEY; BRUSS, 1997; WITTWER et al., 1987). A concentração média de glicose plasmática encontrada neste ensaio foi de 56,0 mg.dL⁻¹, valor este considerado normal para a espécie bovina. Sabe-se também que teores crescentes de proteína bruta podem influenciar a concentração de glicose plasmática à medida que os aminoácidos passam a ser utilizados para a síntese de glicose (NACHTOMI, et al. 1991)

Sendo assim, por ser indicador sensível, a concentração de uréia plasmática pode ser modificada ou pela entrada imediata de proteína bruta no organismo, ou por estar associada às alterações na ração. Valores de NUP que indicam máxima eficiência microbiana situam-se entre 13,5 a 15,0 mg.dL⁻¹, que também representam o limite a partir do qual as perdas de nitrogênio (N) seriam iniciadas pelo animal (VALADARES, et al. 1997). Por outro lado, concentrações de NUP acima de 20,0 mg.dL⁻¹ e no leite de 19 mg.dL⁻¹ podem ser associadas com problemas reprodutivos, o que diminuiria as taxas de concepção e os índices de fertilidade das vacas em lactação (BRUCKENTAL et al. 1989). Essas concentrações de NUL ou no sangue foram observadas em dietas com teores de PB acima de 19% (BUTLER, et al. 1995). No presente estudo foi demonstrado valor médio para NUP de 17,42 mg.dL⁻¹ e NUL de 10,1 mg.dL⁻¹, valores estes dentro do intervalo citado.

3.5. Conclusões

Em geral, tamanho médio de partícula variando entre 5 e 10 mm em rações contendo cana-de-açúcar promove limitação física da ingestão pelos animais

O tamanho médio de partícula entre 8 e 11 mm induziu à alterações de capacidade de seleção de componentes da ração contendo cana-de-açúcar, promovendo consumo preferencial de partículas menores pelo animais.

O maior consumo de partículas menores favoreceu a ingestão de ingredientes concentrados, alterando com isso a proporção volumoso: concentrado ingerida.

Com isso, sob maior tamanho de partículas na ração, o conjunto de respostas do desempenho do animal, composição de leite e comportamento ingestivo, também se confunde com tendências decorrentes da maior proporção de concentrados na ração.

Referências

ALBRIGHT, J.L. Feeding behavior of dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, Albany, v. 76, p. 485-498, 1993.

ALLEN, M.S. Relationships between fermentation acid production in the rumen and the requirement for physically effective fiber. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 80, p. 1447-1462, 1997.

ARMENTANO, L.; PEREIRA, M. Measuring the effectiveness of fiber by animal response trials. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v.80, p.1416-1425, 1997.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 15th ed. Arlington: AOAC, 1990. v.1, 1117p.

BAL, M.A.; SHAVER, R.D.; JIROVEC, A.G.; SHINNERS, K.J.; COORS, J. G. Crop processing and chop length of corn silage. Effects on intake, digestion, and milk production by dairy cows **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 83, p. 1264-1273, 2000.

BEAUCHEMIN, K.A.; RODE, L.M. Minimum versus optimum concentrations of fiber in dairy cows diets based on barley silage and concentrates of barley and corn. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 80, p. 1629-1639, 1997.

BELYEA, R.L.; MARTZ, F.A.; MBAGAYA, G.A. Effect of particle size of alfalfa hay on intake, digestibility, milk yield, and ruminal cell wall of dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 72, p. 958-963, 1989.

BRASIL. Ministério de Agricultura Serviço Nacional de Pesquisa Agrônômica Comissão de solos. **Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado de São Paulo**. Rio de Janeiro, 1960. 69 p.

BRUCKENTAL, J.D.; DORI, M.; KAIM, H.; LEHRER, E.; FOLMAN, Y. Effects of source and level of protein on milk yield and reproductive performance of high producing primiparous and multiparous dairy cows. **Animal Production**, Victoria, v.48, p.319-329, 1989.

BUTLER, W.R.; CALMAN, J.J.; BEAN, S.W. Plasma and milk urea nitrogen in relation to pregnancy rat lactating dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 74, n.4, p. 858-865, 1995.

CHANEY, A.L.; MARBACH, E.P. Modified reagents for determination of urea and ammonia. **Clinical Chemistry**, Washington, v.8, p.130-137, 1962.

CLARK, P.W.; ARMENTANO, L.E. Influence of particle size on the effectiveness of the fiber in corn silage. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 82, p. 581-588, 1999.

COLENBRANDER, V.F.; C.H. NOLLER, D; GRANT, R.J. Effect of fiber content and particle size of alfalfa silage on performance and chewing behavior. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 74, p. 2681-2690, 1991.

CORRÊA, C.E.S.; PEREIRA, M.N.; OLIVEIRA, S.G.; RAMOS, M.H. Performance of Holstein cows fed sugarcane or corn silages of different grain textures. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.60, n.4, p.621-629, oct./dec. 2003.

COSTA, M.G.; CAMPOS, J.M.S.; VALADARES FILHO, S.C.; VALADARES, R.F.D.; MENDONÇA, S.S.; SOUZA, D.P.; TEIXEIRA, M.P. Desempenho produtivo de vacas leiteiras alimentadas com diferentes proporções de cana-de-açúcar e concentrado ou silagem de milho na dieta. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.34, n.6, p.2437-2445, 2005 (supl.).

D'AGOSTINO, R.B.; STEPHENS, A.M. Goodness-of-fit techniques. New York: M. Dekker, 1986. v. 68 560 p.

DEVRIES, T.J.; BEAUCHEMIN, K.A.; VON KEYSERLINGK, M.A.G. Dietary forage concentration affects the feed sorting behavior of lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 90, n. 12, p. 5572–5579, 2007.

DOHME, F.T; DEVRIES, J.; BEAUCHEMIN K. A. Repeated ruminal acidosis challenges in lactating dairy cows at high and low risk for developing acidosis: ruminal pH. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 91, p.3554-3567, 2008.

EZEQUIEL; J.M.B.; QUEIROZ, M.A.Á.; GALATI, R.L.; MENDES, A.R.; PEREIRA, E.M.O.; FATURI, C.; NASCIMENTO FILHO, V.F.; FEITOSA, J.V. Processamento da cana-de-açúcar: efeito sobre a digestibilidade, o consumo e a taxa de passagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.34, n.5, p.1704-1710, 2005.

FISCHER, J.M.; BUCHANAN-SMITH, J.G; CAMPBELL, C.; GRIEVE, D.G.; ALLEN, O.B. Effects of forage particle size and long hay for cows fed total mixed rations based on alfalfa and corn. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 77, p. 217-229, 1994.

FREITAS, A.W.P.; PEREIRA, J.C.; ROCHA, F.C.; DETMANN, E.; BARBOSA, M.H.P.; RIBEIRO, M.D.; COSTA, M.G. Avaliação da divergência nutricional de genótipos de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.). **Revista Brasileira de Zootecnia**. Viçosa, v.35, n.1, p.229-236, 2006.

GIVER-REVERDIN, S. Review of the main methods of cell wall estimation: interest and limits for ruminants. **Animal Feed Science Technology**, Amsterdam, v. 55, p. 295-224. 1995.

GRANT, R.J.; COLENBRANDER, V.F.; MERTENS, D.R. Milk fat depression in dairy cows: Role of silage particle size **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 73, p. 1834-1842, 1990.

KANEKO, J.J.; HARVEY, J.W.; BRUSS, M.L. Clinical biochemistry of domestic animals. 5th .ed. San Diego : Academic, 1997.p 83-115.

KONONOFF, P.J; HEINRICHS, A.J.LEHMAN, H.A. The effect of corn silage particle size on eating behavior, chewing activities, and rumen fermentation in lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 86, p. 3343-3353, 2003.

KRAUSE, K.M.; COMBS, D.K.; BEAUCHEMIN, K.A. Effects of forage particle size and grain fermentability in midlactation cows. ii. ruminal ph and chewing activity. **Journal of Dairy Science**. Lancaster, v. 85, p. 1947-1957, 2002.

LANDELL, M.G.A.; CAMPANA, M.P.; RODRIGUES, A.A.; CRUZ, G.M.; BATISTA, L.A.R.; FIGUEIREDO, P.; SILVA, M.A.; BIDOIA, M.A. **A variedade IAC86-2480 como nova opção de cana-de-açúcar para fins forrageiros: manejo de produção e uso na alimentação animal**. Campinas: IAC, 2002. 36 p.

LEONARDI, C.; ARMENTANO, L.E. Effect of quantity, quality, and length of alfalfa hay on selective consumption by dairy cows **Journal of Dairy Science**, Lancaster, . v.86, n. 2, p. 557–564, 2003.

LEONARDI, C.; SHINNERS, K.J.; ARMENTANO, L.E. effect of different dietary geometric mean particle length and particle size distribution of oat silage on feeding behavior and productive performance of dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 88, p. 698–710, 2005.

MAGALHÃES, A.L.R.; CAMPOS, J.M.S.; VALADARES FILHO, S.C.; TORRES, R.A.; NETO, J.M.; ASSIS, A.J. Cana-de-açúcar em substituição à silagem de milho em dietas para vacas em lactação: Desempenho e viabilidade econômica. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.33, n.5, p.1292-1302, 2004.

MARI, L.J.; NUSSIO, L.G. 2002. **O método Penn State Particle Size Separator para a predição do tamanho de partículas de silagens**. Disponível em: <<http://www.beefpoit.com.br/bn/radarestecnicos>>. Acesso em: 10 out. 2007.

MENDONÇA, S.S.; CAMPOS, J.M.S.; VALADARES FILHO, S.C.; VALADARES, R.F.D.; SOARES, C.A.; LANA, R.P.; QUEIROZ, A.C.; ASSIS, A.J.; PEREIRA, M.L.A. Consumo, digestibilidade aparente, produção e composição do leite e variáveis ruminais em vacas leiteiras alimentadas com dietas à base de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.33, n.2, p.481-492, 2004 a.

MENDONÇA, S.S.; CAMPOS, J.M.S.; VALADARES FILHO, S.C.; VALADARES, R.F.D.; SOARES, C.A.; LANA, R.P.; QUEIROZ, A.C.; ASSIS, A.J.; PEREIRA, M.L.A. Comportamento ingestivo de vacas leiteiras alimentadas com dietas à base de cana-de-açúcar ou silagem de milho. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.33, n.3, p.723-728, 2004 b.

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

MERTENS, D.R. Regulation of forage intake. In: FAHEY JR., G.C. (Ed.). **Forage quality, evaluation and utilization**. Winsconsin: American Society of Agronomy. p.450-493, 1994.

NACHTOMI, E.; HAVELI, A.; BRUCKENTAL, I., AMIR, S. Energy-protein intake and its effect on blood metabolites of high-producing dairy cows. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 71, p. 401-407, 1991.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrients requirements of dairy cattle**. 7th ed. Washington: National Academy of Sciences, 2001. 381 p.

OLIVEIRA, B.Y.S.; ALVES, J.B.; BERGAMASCHINE, A.F.; ISEPON, O.J.; BASTOS, J.F.P. Desempenho de bovinos terminados em confinamento, com diferentes volumosos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001. Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: SBZ, 2001. p. 1234-1235.

ONETTI, S.G.; REYNAL, S.M.; GRUMMER, R. R. Effect of alfalfa forage preservation method and particle length on performance of dairy cows fed corn silage-based diets and tallow. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 87, p. 652–664, 2004.

OSAFO, E.K.; OWEN, E.; SAID, A.N.; GILL, M.; SHERINGTON, J. Effects of amount offered and chopping on intake and selection of sorghum stover by Ethiopian sheep and cattle. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 65, p. 55-62, 1997.

PAIVA, J.A.J.; MOREIRA, H.A.; CRUZ, G.M.; VERNEQUE, R.S. Cana-de-Açúcar associada à uréia/sulfato de amônio como volumoso exclusivo para vacas em lactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.20, n.1, p.90-99, 1991.

PRESTON, T.R. Nutritional limitations associated with the feeding of tropical forages. **Journal of Animal Science**, Albany , v.54, n.4, p.877-884, 1982.

PROCANA, 2009. Disponível em:
<http://www.jornalcana.com.br/conteudo/Conheca%20o%20Setor.asp>. Acesso em: 24 abr.2009.

REYNOLDS C K; CAMMELL S B; HUMPHRIES D J; BEEVER D E; SUTTON J D; NEWBOLD, J.R. Effects of postrumen starch infusion on milk production and energy metabolism in dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v.84, n.10, p.2250-2259, 2001.

RIBEIRO, E.G.; ESTRADA, L.H. C.; FONTES, C.A.A.; AGUIAR, R.S.; ROCHA, L.V. Níveis de substituição da silagem de milho pela cana-de-açúcar na alimentação de vacas de leite (consumo alimentar). In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37., 2000. Viçosa. **Anais...** Viçosa: SBZ, 2000. 1 CD-ROM.

RIBEIRO, M.E.R.; STUMPF JÚNIOR, W.; BUSS, H. Qualidade de leite. In: BITENCOURT, D.; PEGORARO, L.M.C.; GOMES, J.F. **Sistemas de pecuária de leite: uma visão na região de Clima Temperado**. Pelotas: EMBRAPA Clima Temperado, 2000. p.175-195.

SCHWAB, C.G. Amino acid nutrition of the dairy cow: current status. . In: CORNELL NUTRITION CONFERENCE, 1996. Ithaca..**Proceedings...** Ithaca: Dept. Animal Science, Cornell Univ.,1996. p. 184-198.

SCHWAB, E.C. CHAVER, R.D.; SHINNERS,K.J.; LAUER, J.G.; COORS, J.G. Processing and chop length effects in brown-midrib corn silage on intake, digestion, and milk production by dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 85, p.613-623, 2002.

SUDWEEKS, E.M.;ELY, L.O. ; MERTENS, D.R.; SISK, L.R. Assessing minimum amounts and form of roughages in ruminant diets:roughage value index system. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 53, n. 5, 1981.

TYRREL, H.F.; REID, J.T. Prediction of the energy value of cow's milk. . **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v.48, p.1215-1223, 1965.

VALADARES, R.F.D.; GONÇALVES, L.C.; SAMPAIO, I.B.; RODRIGUES, N.M.; SILVA, J.F.C. Níveis de proteína em dietas de bovinos. 2. Consumo, digestibilidades e balanços de compostos nitrogenados. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 26, n. 6, p. 1259-1263, 1997.

VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2nd .ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994. 476 p.

VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Symposium: carbohydrate methodology, metabolism, and nutritional implications in dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v.74, n.10, p.3583-3597, 1991.

WITTWER, F.; BÖHMWALD, H.; CONTRERAS, P. A.; FILOZA, J. Analisis de los resultados de perfiles metabólicos en rebaños lecheros en Chile. **Archivos de Medicina Veterinaria**, Aldivia, v.19, p.35-45, 1987.

WU, Z.; HUBER, J.T. Relationship between dietary fat supplementation and milk protein concentration in lactating cows: A review. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 39, p.141-155, 1994.

4. TAMANHO MÉDIO DE PARTÍCULA DE RAÇÕES CONTENDO CANA-DE-AÇÚCAR *IN NATURA* OU SILAGEM DE MILHO NO DESEMPENHO DE CABRAS LEITEIRAS

Resumo

Os objetivos do estudo foram avaliar o desempenho de cabras em lactação alimentadas com rações contendo cana-de-açúcar processada nos TMP de 4,75 a 15,90 mm ou silagem de milho nos TMP de 6,88 a 7,95 mm. Com base nesses, desenvolver equações da associação desses TMP com as respostas de desempenho, como comportamento ingestivo e composição do leite de cabras leiteiras. O experimento foi conduzido no Departamento de Zootecnia da USP/ESALQ, durante os meses de outubro a dezembro de 2008, com doze cabras mestiças (Saanen x Boer) em lactação com peso vivo médio de 63 kg. O período experimental totalizou 56 dias, dividido em quatro períodos de 14 dias, com 10 dias de adaptação às rações e quatro dias de coleta. O CMS ($\text{kg} \cdot \text{dia}^{-1}$) foi avaliado diariamente por animal e as cabras tiveram acesso *ad libitum* à água e à ração contendo cana-de-açúcar (15,7 %PB e relação FDN/CNF de 1,44) ou silagem de milho (16,1 % PB e relação FDN/CNF de 1,47), fornecidas uma vez ao dia. A variedade da cana-de-açúcar utilizada foi a RB72-454 e as máquinas utilizadas foram: a) picadora estacionária e b) picadora/desintegradora de resíduos florestais. A produção de leite foi mensurada individualmente pela pesagem de quatro dias consecutivos, além da amostragem do leite para análise da composição. Foi realizado no 11º dia de cada período a avaliação do comportamento ingestivo. Apenas para o CMS em relação a % do PV foi ajustada equação de regressão linear ($P = 0,0443$), indicando que o aumento do TMP pode promover aumento no CMS (% PV) para a cana-de-açúcar. Para o IS os modelos foram ajustados apenas para rações contendo cana-de-açúcar, nas frações Y1, Y2 e Y3 e revelaram que o aumento do TMP nas frações Y1 e Y3 diminui o IS. Enquanto que na fração Y2, maiores TMP podem promover maiores IS. O comportamento observado para o tempo de ruminação e mastigação por kg de FDN foi quadrático demonstrando tendência à diminuição desses parâmetros conforme o TMP é aumentado. A FDNfe foi de 43,10% para a cana-de-açúcar e 34,82% para a silagem de milho. A variável que apresentou ajuste para equação de regressão quadrática foi a relação gordura:proteína ($P = 0,0423$). Pôde-se verificar regressão linear para PLCG 3,5 ($P = 0,0185$) e produção de gordura ($\text{g} \cdot \text{d}^{-1}$; $P = 0,0338$). O modelo linear estimou que o aumento no TMP de rações contendo cana-de-açúcar aumenta a PLCG 3,5, bem como a produção de gordura ($\text{g} \cdot \text{dia}^{-1}$). As concentrações de NUL, NUP e glicose plasmática não apresentaram nenhum ajuste para a análise de regressão. O intervalo entre 5,5 e 10,05 mm encontrado para as rações contendo cana-de-açúcar não parece prejudicar negativamente o desempenho de cabras em lactação.

Palavras-chave: Comportamento; Gordura; Produção; Seleção; Tempo de ingestão

MEAN PARTICLE SIZE OF DIETS CONTAINING FRESH SUGARCANE ON THE PERFORMANCE OF DAIRY GOATS

Abstract

This study aimed to evaluate the performance of lactating goats fed diets containing sugarcane processed at MPS from 4.75 to 15.90 mm or corn silage at MPS from 6.88 to 7.95 mm. and to develop equations from the association of these MPS with responses of performance such as feeding behavior and milk composition of dairy goats. The experiment was conducted at the Animal Science Department of USP/ESALQ, from October to December 2008. Twelve crossbred (Saanen x Boer) lactation goats with 63 kg average weight were used. The experimental period lasted 56 days, divided into four 14-day period, with 10 days of adaptation to diets and four days of collection. The DMI ($\text{kg} \cdot \text{day}^{-1}$) was evaluated daily for each animal and the goats had *ad libitum* access to water and diets containing sugarcane (15.7% CP and NDF/CNF ratio of 1.44) or corn silage (16.1% CP and NDF/CNF ratio of 1.47), given once a day. The variety of sugarcane used was RB72-454 and the machines used were: a) stationary chopper and b) chopper/shredder of forest residues. The milk production was measured individually by weighing two milkings on four consecutive days, beyond milk sampling for composition analysis. Evaluation of the feeding behavior was carried out on the eleventh day of each period. Only for DMI in relation to body weight (BW) percentage the linear regression was adjusted ($P = 0.0443$), indicating that the MPS increases can result in increases of sugarcane DMI (% BW) for sugarcane. For the selection index (SI) the models were adjusted only for diets containing sugarcane and revealed that the increase in the MPS of the Y1 and Y3 reduced the SI. The pattern observed for ruminating and chewing time per kg of NDF was quadratic demonstrating a tendency for reduction of these parameters as MPS increases. The physically effective NDF were 43.10 for sugarcane and 34.82 for CS. The variable that showed adjustment for the quadratic regression equation was the fat:protein relation ($P = 0.0423$). It was observed linear regression for the production of 3.5% fat-corrected milk ($P = 0.0185$) and fat production ($\text{g} \cdot \text{day}^{-1}$; $P = 0.0338$). The linear model estimated that the MPS increase of diets containing sugarcane increases FCM production, as well as fat production ($\text{g} \cdot \text{day}^{-1}$). The MUN, PUN and plasmatic glucose concentrations did not show any adjustment for the regression analyses. The interval between 5.5 and 10.05 does not seem to affect negatively the performance of lactating goats.

Keywords: Behavior; Fat; Production; Selection; Ingestion time

4.1. Introdução

O consumo de nutrientes é o principal fator limitante no desempenho dos ruminantes (NRC, 2001). Portanto, a maximização do consumo de alimentos pelo animal é fundamental para o desenvolvimento de rações e estratégias de alimentação que otimizarão a rentabilidade da produção. Mertens (1994) afirma que o CMS é controlado por fatores físicos, fisiológicos e psicogênicos. Entre os fatores envolvidos na regulação do consumo, tem sido considerado a concentração de FDN na ração de ruminantes, por sua lenta degradação e por apresentar reduzida taxa de passagem no ambiente ruminal. Outro fator que altera o consumo de forma significativa envolve a modificação na atividade de mastigação, fluxo de saliva, pH ruminal, relação acetato:propionato, bem como mudanças nos níveis de gordura do leite (ARMENTANO; PEREIRA, 1997)

Os conceitos referentes a efetividade de fibra para bovinos parecem estar razoavelmente estabelecidos para alguns volumosos, diferentemente do que tem sido estudado para caprinos. Outras publicações especializadas sobre exigências nutricionais de caprinos tais como o NRC (1981) e AFRC (1993), apresentam a energia como fator regulador do consumo, mas deixam de reconhecer a influência da fibra em rações com maior participação de forrageiras. Para essa espécie, geralmente são avaliadas diferentes concentrações de fibra. No entanto o tamanho de partícula ideal dos volumosos, não é mensurado. Mesmo sabendo que os caprinos apresentam maior seletividade do que bovinos (SANTOS, 1994).

Neste sentido, apenas a utilização da FDN como forma de mensurar a contribuição da fibra de um alimento ou ração, não é suficientemente adequada para prever a resposta animal. Sendo assim, para a quantificação de diferentes respostas animais com rações que apresentem mesma concentração de FDN e fontes de fibra distintas, criou-se o termo efetividade. Para melhor entendimento, deve-se estabelecer distinção entre os conceitos de FDN fisicamente efetivo (FDN_{fe}) e FDN efetivo (FDN_e). A fração FDN_{fe} está relacionada às características físicas da fibra que influenciam a atividade mastigatória e a natureza bifásica do conteúdo ruminal. A FDN_e, por sua vez, está relacionada à soma total da habilidade de um alimento em substituir a forragem ou o volumoso em uma ração, de modo que a

porcentagem de gordura do leite produzida pelos animais que consomem esta ração seja efetivamente mantida. De acordo com Lammers; Buckmaster; Heinrichs (1996), é necessário adequado conteúdo de FDNfe para o bom funcionamento do rúmen. Reduções no teor FDNfe das rações promovem diminuição no tempo total de mastigação (ingestão e ruminação) e no pH ruminal, devido principalmente ao menor fluxo de saliva para o rúmen, o que pode comprometer a saúde e a produtividade animal.

De acordo com esses resultados o objetivo desse trabalho foi desenvolver equações para o consumo de nutrientes, comportamento ingestivo e o desempenho de cabras leiteiras alimentadas com rações constituídas de cana-de-açúcar processadas em diferentes tamanhos de partículas ou silagem de milho.

4.2. Desenvolvimento

4.2.1. Local, clima e instalações experimentais

O experimento foi conduzido no Sistema Intensivo de Produção de Ovinos e Caprinos (SIPOC) do Departamento de Zootecnia da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, da Universidade de São Paulo, que se localiza no município de Piracicaba – SP; tendo como coordenadas 22°42'30" d e latitude ao Sul 47°38'30" de longitude a Oeste e 546 metros de altitude.

O clima da região de Piracicaba é classificado como mesotérmico úmido, subtropical de inverno seco, denominado Cwa, com temperaturas médias inferiores a 18°C nos meses mais frios e superiores a 22°C durante a estação mais quente do ano (BRASIL, 1960).

Foram utilizadas 12 baias individuais do tipo *tie-stall*, medindo 0,50 x 1,20 m, em galpão coberto, com piso ripado, providas de comedouro e bebedouro (Figura 4.1). Os animais permaneceram durante todo o período experimental nas baias com saída apenas para as ordenhas (7h00 e 15h00) e para a pesagem no início e final de cada período.

Figura 4.1 – Baias individuais, comedouro e bebedouro em confinamento *tie stall*

4.2.2. Período experimental

O experimento foi realizado durante os meses de outubro a dezembro de 2008, com quatro período subsequentes. Cada período, teve duração de 14 dias, com 10 dias de adaptação as rações e quatro dias de coleta, com duração do período experimental totalizando 56 dias. Os dados climáticos foram obtidos da estação meteorológica automática da USP/ESALQ e estão apresentados na Tabela 4.1.

Tabela 4.1 – Dados climáticos durante o período experimental

Meses	Radiação Global	Precip.	U.R	T°máx.	T°mín.	T°méd.
2008	(cal/cm.d ⁻¹)	(mm)	(%)	(°C)	(°C)	(°C)
Outubro	18,60	104,2	85,4	29,3	17,4	22,7
Novembro	21,79	24,3	84,3	29,9	14,4	22,8
Dezembro	22,39	143,6	85,5	30,0	17,7	23,0

Fonte: Base de dados da Estação meteorológica automática da USP/ESALQ.

4.2.3. Animais

Foram utilizadas 12 cabras mestiças Saanen x Boer. Na Tabela 4.2 estão apresentados alguns indicadores zootécnicos dos animais no início do período experimental. As cabras foram distribuídas entre os tratamentos conforme a raça, ordem de lactação (primeira e demais), produção de leite e peso no início do

experimento. O delineamento experimental utilizado foi de três quadrados latinos 4x4.

Tabela 4.2 – Caracterização das cabras utilizadas no experimento

Variáveis	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
Produção de leite, kg.dia ⁻¹	2,1	0,92	0,9	4,5
Número de partos	1,5	0,52	1	2
Estágio de lactação, dias	17	3	13	22
Peso corpóreo, kg	63	24,64	41	96

4.2.4. Rações experimentais

A cana-de-açúcar utilizada foi colhida manualmente, com frequência diária, em área pertencente ao Departamento de Zootecnia da USP/ESALQ. A capineira foi armazenada em barracão à sombra para posterior picagem, imediatamente antes do momento do seu fornecimento.

Os equipamentos utilizados foram: a) picadora estacionária marca Menta SUPER 20T[®] e b) picadora/desintegradora de resíduos florestais CONFIMENTA 600RF[®]. Inicialmente foram impostos 4 tratamentos, sendo eles: Tratamento 1: silagem de milho com TMP de 3,49 mm; Tratamento 2: cana-de-açúcar com TMP de 10,84 mm; Tratamento 3: cana-de-açúcar com TMP de 6,53 mm; Tratamento 4: cana-de-açúcar com TMP de 12,40 mm. Os equipamentos foram regulados e ajustados para a picagem sob os diferentes TMP antes do início do experimento. Durante o período experimental não foram realizadas regulagens, devido a baixa quantidade de material que era processado diariamente, e atendendo recomendação do fabricante de que a afiação de facas devesse ocorrer à cada 150 toneladas. A silagem de milho foi retirada diariamente de um silo tipo trincheira.

Entretanto, após término do experimento foi observado que os equipamentos não mantiveram o mesmo padrão de tamanho de partícula do que havia sido imposto. Dessa forma, a variação do TMP obtido ao longo do experimento para as rações contendo silagem de milho se apresentou entre 6,88 a 7,95 mm, com média

de 7,53 mm e para as rações contendo cana-de-açúcar valores entre 5,50 e 10,05 mm, com média de 7,45 mm.

As rações foram balanceadas para serem isoprotéicas, isoenergéticas e apresentarem concentrações similares de FDN (isoFDN) de acordo com as exigências estabelecidas pelo NRC (2007). A proporção volumoso:concentrado foi de 50:50 para o tratamento com silagem de milho e de 56:44 para as rações contendo cana-de-açúcar. A proporção dos ingredientes e a composição bromatológica das rações experimentais são apresentados na Tabela 4.3 e a composição bromatológica dos ingredientes utilizados na Tabela 4.4.

As rações experimentais foram fornecidas uma vez ao dia, após a ordenha da manhã (7h30), na forma de ração total. A quantidade de alimento oferecido foi ajustada para permitir sobras de 8 a 10%. O alimento fornecido e as sobras eram quantificadas diariamente, possibilitando o cálculo posterior do consumo e ajuste da quantidade de alimento a ser fornecido nos períodos subseqüentes. Os animais foram ordenhados manualmente duas vezes ao dia (7h30 e 15h30).

Tabela 4.3 – Proporção dos ingredientes e composição bromatológica das rações experimentais

Ingredientes	CANA	SM
	% MS	
Cana-de-açúcar	56	-
Silagem de milho	-	50
Milho moído	21	32,8
Farelo de Soja (47%PB)	19,2	13,3
Uréia	0,98	0,98
Calcário	0,99	1,1
Núcleo Leite A ¹	1,8	1,8
Composição bromatológica		
Matéria seca, %	41,84	48,24
Proteína bruta, %	15,65	16,10
Extrato etéreo, %	0,90	2,15
Cinzas, %	6,35	6,25
Fibra em detergente neutro, %	45,55	44,95
Fibra em detergente ácido, %	19,93	21,00
Carboidratos não fibrosos, % ²	31,55	30,55
FDN/CNF ³	1,44	1,47

¹Núcleo Leite A Ca: 220g/kg; P: 55g/kg; Mg: 35 g/kg; Na: 70 g/kg; Mn: 1500 mg/kg; Fe: 500 mg/kg; Zn: 1550 mg/kg; Cu: 440 mg/kg; Co: 50 mg/kg; I: 40 mg/kg; Se: 20 mg/kg; ² Carboidratos não fibrosos = 100 – (PB + EE + Cinzas + FDN) FDN/CNF: relação FDN e carboidratos não fibrosos.

Tabela 4.4 - Composição bromatológica dos ingredientes utilizados nas rações experimentais

Ingredientes	% da MS						
	MS (%)	PB	EE	MM	FDN	FDA	LIGNINA
Cana-de-açúcar	28,00	2,67	1,40	2,90	52,7	38,63	6,20
Silagem de milho	33,00	6,10	3,10	4,30	57,96	35,34	2,60
Milho	89,12	9,24	4,66	0,07	16,64	-	-
Farelo de Soja	88,29	44,94	1,66	6,66	20,18	10,13	1,22

4.2.5. Coleta das amostras dos volumosos e das rações totais

As amostras dos volumosos e das rações totais foram coletadas semanalmente. No entanto, durante a semana de coleta foram obtidas amostras diariamente das rações fornecidas, das sobras e dos volumosos. Após a coleta as amostras foram secas em estufa a 55°C por 72 horas, moídas em moinho tipo Willey contra peneira de 1 mm de orifício, para posterior análise bromatológica.

As análises bromatológicas foram realizadas no Laboratório de Bromatologia do Departamento de Zootecnia da USP/ESALQ. As análises realizadas foram: teor de matéria seca (MS), matéria mineral (MM) e extrato etéreo (EE) conforme AOAC (1990) e proteína bruta (PB) por condutividade térmica pelo analisador de nitrogênio (Leco FP-2000 nitrogen analyser, Leco Instruments, Inc. St. Joseph, MI). As análises de fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) e fibra insolúvel em detergente ácido (FDA) foram realizadas de acordo com método proposto por Van Soest; Robertson; Lewis (1991), utilizando o método sequencial, adaptado para o uso de saquinhos (ANKON® Technology Fairport, New York).

4.2.6. Avaliação do tamanho médio de partícula

As amostras da cana-de-açúcar *in natura*, do fornecido e das sobras, foram coletadas em quintuplicata por animal, tratamento e período para a avaliação da distribuição das partículas. O TMP foi obtido pelo método da estratificação de partículas em peneiras utilizando o modelo *Penn State Particle Size Separator* (University Park, PA). O separador de partículas utilizado apresentou quatro bandejas (Y1 a Y4) com orifícios de Y1 = retenção de partículas > 38 mm; Y2 = retenção de partículas entre 38 e 19 mm e Y3 = retenção de partículas entre 19 e 7,8 mm e Y4 = com fundo fechado (FUNDO) com retenção de partículas com diâmetro inferior a 7,8 mm.

Dessa forma, foi proposta análise individual da estratificação de partículas numa distribuição tipo Weibull (D'AGOSTINO; STEPHENS, 1986), para as rações contendo cana-de-açúcar ou silagem de milho, analisando individualmente cada peneira de acordo com a porcentagem de retenção das partículas ocorrida.

4.2.7. Fibra em detergente neutro fisicamente efetiva

As amostras de alimento fornecido que foram coletadas em quintuplicata por animal, tratamento e período que ficaram retidas em cada peneira do *Penn State Particle Separator* foram recolhidas e quantificadas para a determinação do teor de MS.

Para o cálculo da fração FDNfe foi utilizado o método proposto por LAMMERS; BUCKMASTER; HEINRICHS (1996), em que a proporção da MS retida nas peneiras Y1, Y2 e Y3 do PSPS foi multiplicado pela porcentagem de FDN da ração (Equação 12) que foi obtida por meio de equações de estimativa construídas com base em espectros colhidos das referidas amostras por meio do espectrômetro FOSS NIRSystem 5000.

$$(12) \quad FDNfe = (\%MS_{>19mm} + \%MS_{>8mm}) * FDN \text{ da dieta} / 100$$

4.2.8. Índice de seleção

O cálculo para o índice de seleção foi realizado por meio da porcentagem de retenção das partículas, que foi obtida pelo método da estratificação de partículas em peneiras utilizando o modelo *Penn State Particle Size Separator* - PSPS (University Park, PA).

O índice de seleção (IS) foi calculado como o consumo efetuado pelos animais correspondente a cada peneira (Y1 a Y4) expresso pela porcentagem do consumo total predito, onde o consumo predito da fração Yi é igual ao quociente entre a matéria original ingerida e a matéria original da fração da Yi da ração total (RT), de acordo com as equações (4) (5) e (6), já citadas anteriormente na seção 3.2.7. Dessa forma, valores menores que 100% indicaram rejeição do alimento, maiores que 100% consumo preferencial e igual a 100% quando não houve seleção (LEONARDI; ARMENTANO, 2003).

4.2.9. Comportamento ingestivo

Os dados de comportamento ingestivo foram coletados no 11º dia de cada período, onde os animais foram observados individualmente durante 24 horas, em intervalos de cinco minutos, utilizando-se cronômetros. Para as avaliações noturnas,

iluminação artificial foi para a visualização e identificação dos animais. As observações foram realizadas individualmente dos 12 animais presentes em cada baia individual, os quais foram avaliados em cada período experimental. Foram realizadas quatro avaliações do comportamento ingestivo, uma em cada período experimental de forma que os animais fossem observados em todas as rações oferecidas.

Para a realização das avaliações foram utilizadas oito pessoas (alunos de pós-graduação, e estagiários alunos de graduação em engenharia agrônoma da USP/ESALQ) de forma escalonada.

Dentre as variáveis observadas, constam os períodos em que os animais se encontraram em ócio, em pé ou deitado; período de ruminação, em pé ou deitado; quando estiverem ingerindo água ou ração. Os parâmetros estabelecidos de acordo com essas variáveis, expressos em minutos por dia foram: tempo total de ingestão de água e de consumo de alimentos, tempo total em ócio (soma do período em que o animal permaneceu em ócio em pé e deitado), tempo total de ruminação (soma do período de ruminação tanto o animal em pé quanto deitado). Depois de anotadas as avaliações de campo, também foram calculados os tempos totais despendidos com ingestão, mastigação e ruminação, bem como os tempos gasto em mastigação para cada unidade de MS (min.kg^{-1} MS) e por unidade de FDN (min.kg^{-1} FDN) de acordo com as equações (7) e (8) (ARMENTANO e PEREIRA, 1997), descritas na seção 3.2.8.

4.2.10. Determinação da produção, composição do leite e pesagem dos animais

As pesagens e a amostragem do leite foram realizadas individualmente por cabra e por ordenha durante as duas ordenhas, às 7h30 e 15h00 nos últimos três dias consecutivos do final de cada período. O leite foi pesado em balança eletrônica FILIZOLA® CS 15 e amostrado proporcionalmente à produção individual do animal por ordenha. As amostras foram preservadas em frascos plásticos contendo conservante (2-bromo-2-nitropropano1-3-diol) e, posteriormente, encaminhadas para a Clínica do Leite do Departamento de Zootecnia da ESALQ/USP.

As análises realizadas foram: gordura, proteína, lactose, sólidos totais, extrato seco desengordurado, uréia. Os teores de proteína bruta, gordura, lactose, sólidos totais foram determinados por meio da técnica de infravermelho enquanto a determinação da uréia por espectrofotometria.

A produção de leite corrigida para 3,5% de gordura foi calculada a partir da equação (9) proposta por Tyrrel; Reid (1965). A pesagem dos animais foi realizada durante três dias consecutivos no início e no final de cada período experimental, sem jejum prévio e após a ordenha da manhã.

4.2.11. Coleta de sangue

No final de cada período, foram coletadas amostras de sangue antes e três horas após o fornecimento matinal da ração. A coleta foi realizada por meio de punção da veia jugular externa e as amostras foram armazenadas em tubos de ensaio a vácuo onde cada tubo continha 5 mg de fluoreto de sódio como agente antiglicolítico e 5 mg de EDTA K3 para ação anticoagulante. Sequencialmente, as amostras foram centrifugadas a 2000 x g, durante 20 minutos, a 4°C.

O plasma foi armazenado em tubetes plásticos em freezer para posterior análise. A glicose sanguínea colhida foi determinada a partir da leitura direta em auto-analisador bioquímico YSI 2700 (Biochemistry Analyser, Yellow Spring, OH, EUA) e de uréia pelo método descrito por Chaney; Marbach (1962).

4.2.12. Delineamento experimental e análise estatística

Embora, o objetivo inicial era ter a silagem de milho como ração controle, como forma de comparar essa ração com a cana-de-açúcar em relação as variações no desempenho animal. Após a detecção da falha em impor os tratamentos para o TMP da cana-de-açúcar em todos os períodos, o objetivo inicial foi descartado. Como as mesmas amostragens de consumo, comportamento ingestivo de composição do leite terem sido realizadas para a silagem de milho, Foi decidido modelar equações de regressão para essa ração da mesma forma como realizado para cana-de-açúcar.

O banco de dados utilizado para desenvolver as equações de predição dos resultados de desempenho foi gerado pela avaliação de todo o período

experimental. As variáveis de relevância para a avaliação foram: CMS, FDN (CFDN), FDA (CFDA); índice de seleção; comportamento ingestivo, composição do leite e parâmetros sanguíneos. O modelo foi desenvolvido para analisar as medidas já relatadas em decorrência da evolução do tamanho médio de partícula (mm) e do FDNfe ao longo do período experimental.

Para essas medidas foi utilizado o procedimento MIXED do SAS, versão 9.3.1, com adequação dos coeficientes fixos. O método utilizado foi dos modelos mistos que consiste em estimador que minimiza a soma dos quadrados dos resíduos da regressão, de forma a maximizar o grau de ajuste do modelo. As equações de regressões lineares (equação 13) ou quadráticas (equação 14) foram utilizadas da forma em que melhor se ajustavam aos dados em relação ao tamanho médio de partícula (TMP; mm).

(13) Linear $\hat{y} = a + b \times TMP$

$$(14) \quad \text{Quadrática} \quad \hat{y} = a + b_1 \times TMP + b_2 \times TMP^2$$

4.3. Resultados

4.3.1. Consumo de nutrientes

A estratificação média das partículas da cana-de-açúcar *in natura*, das rações contendo cana-de-açúcar e da silagem de milho fornecida para cabras em lactação e das sobras estão apresentadas na Tabela 4.5 e 4.6, bem como para os volumosos individualmente. Pode-se observar que a fração de maior variação foi a Y2 em que observou-se a estratificação apenas dos alimentos. No entanto, quando se observa o *pef* (%) das rações totais (RT) esses apresentam valores semelhantes.

Tabela 4.5 – Estratificação das partículas da cana-de-açúcar, silagem de milho e das rações totais fornecidas para cabras em lactação

Valores	Cana-de-açúcar		Silagem de Milho		RT – CANA ¹		RT – SM ²	
	Média	DP ³	Média	DP ³	Média	DP ³	Média	DP ³
Y1 = > 38 mm, %	2,08	1,56	2,42	2,41	1,38	1,31	0,95	1,02
Y2 = 19 - 38 mm, %	8,46	5,30	9,40	4,57	4,55	3,67	4,52	1,98
Y3 = 7,8 - 19 mm, %	56,53	13,29	65,78	5,75	30,73	13,16	30,63	5,12
Y4 = < 7,8 mm, %	32,93	15,95	22,40	8,31	63,34	15,62	63,91	6,65
TMP, mm ⁴	3,16	0,57	3,49	0,65	2,27	0,54	2,18	0,34
<i>pef</i> , % ⁵	0,67	5,99	0,78	1,69	0,37	6,27	0,36	2,14

¹RT – CANA = ração total contendo cana-de-açúcar; ²RT – SM = ração total contendo silagem de milho; ³DP = desvio padrão; ⁴TMP (mm) = tamanho médio de partícula calculado pelo método do *Penn State Particle Size Separator*; ⁵*pef* (%) = fator de efetividade determinado a partir da porcentagem da soma das proporções das partículas retidas nas peneiras de Y1, Y2 e Y3 (DOHME; DEVRIES, BEAUCHEMIN, 2008).

Apenas para o CMS em relação a % do peso vivo (PV) foi ajustada equação de regressão linear ($P = 0,0443$; Tabela 4.6). As médias obtidas para essa variável foram diferentes entre as rações contendo silagem de milho e cana-de-açúcar. Na Tabela 4.7 estão apresentados os valores médios para as variáveis de consumo de nutrientes. O consumo médio de MS e consumo em % PV para a RT – CANA e RT – SM ao longo do período experimental foi de 2,53 % PV e 1,91 e 2,81 % PV 2,06 kg.dia⁻¹, respectivamente. Os valores observados são similares aos observados na literatura (PAIVA et al., 1991; RIBEIRO et al. 2000; EZEQUIEL et al. 2005;

OLIVEIRA, 2001; BAVA, et al. 2001), para animais consumindo cana-de-açúcar ou silagem de milho.

Tabela 4.6 – Distribuição das partículas das sobras das rações contendo cana-de-açúcar ou silagem de milho fornecidas para cabras em lactação

Frações	SOBRAS – CANA ¹		SOBRAS – SM ²	
	Média	DP ³	Média	DP ³
Y1 = > 39 mm, %	2,08	4,52	0,61	1,02
Y2 = 19 - 38 mm, %	9,84	6,90	17,10	9,82
Y3 = 7,8 -19 mm, %	52,09	18,05	57,52	9,47
Y4 = < 7,8 mm, %	35,98	20,99	24,77	15,35
TMP (mm) ⁴	3,24	1,23	3,49	0,77

¹SOBRAS – CANA = sobra das rações contendo cana-de-açúcar; ² SOBRA – SM = sobra das rações contendo silagem de milho; ³DP = desvio padrão; ⁴TMP (mm) = tamanho médio de partícula calculado pelo método do *Penn State Particle Size Separator*.

Tabela 4.7 – Consumo de nutrientes de cabras em lactação de rações contendo cana-de-açúcar ou silagem de milho

Variável	RT - CANA	RT - SM	Regressão	
			Linear	Quadrática
CMS, kg.d ⁻¹ ¹	1,91 ^b	2,06 ^a	ns ⁷	ns ⁷
CMS, % PV ²	2,53 ^b	2,81 ^a	P = 0,0443	ns ⁷
PL, kg.d ⁻¹ ²	2,01 ^b	2,22 ^a	ns ⁷	ns ⁷
CFDN, kg.d ⁻¹ ³	0,826 ^b	0,873 ^a	ns ⁷	ns ⁷
CFDA, kg.d ⁻¹ ⁴	0,330 ^b	0,380 ^a	ns ⁷	ns ⁷
CA ⁵ (kg PL.kg CMS ⁻¹)	0,95	0,92	ns ⁷	ns ⁷
EA ⁶ (kg CMS. kg PL ⁻¹)	1,05	1,07	ns ⁷	ns ⁷

¹CMS = consumo de matéria seca; ²CMS (%PV) = consumo de matéria seca em relação ao peso vivo; ³CFDN = consumo de fibra em detergente neutro; ⁴CFDA = consumo de fibra em detergente ácido; ⁵CA = conversão alimentar (CMS.PL⁻¹) ; ⁶ EA = eficiência alimentar (PL.CMS⁻¹); ⁷ns = não significativo; ^{a-b} Médias seguidas de letras distintas na linha apresentam diferenças significativa (P < 0,05)

A equação de regressão para o CMS (% PV) de rações contendo cana-de-açúcar ou silagem de milho é apresentada na Tabela 4.8. A estimativa da equação de regressão que se encontra na Figura 4.2 indica que o aumento do TMP pode promover aumento no CMS (% PV) para a cana-de-açúcar. No entanto, o contrário foi observado para rações contendo silagem de milho. É provável que esse comportamento tenha ocorrido pelas rações contendo SM apresentarem menor variação no TMP, ou ter incidência de seleção diferenciada pelos animais, ao receberem rações contendo silagem de milho ou cana-de-açúcar.

Tabela 4.8 – Equações de regressão para rações contendo cana-de-açúcar ou silagem de milho processadas no consumo de matéria seca em relação ao peso vivo

Variável	Regressão		Equação
	Linear	Quadrática	
CMS, % PV ¹	P = 0,0443	ns ²	$\hat{y}_{cana} = 2,1815 + 0,02998 \times TMP$ $\hat{y}_{silagem} = 11,0763 - 1,1230 \times TMP$

¹CMS (%PV) = consumo de matéria seca em relação ao peso vivo. ²ns = não significativo

Figura 4.2 – Regressão linear do consumo de matéria seca em relação ao peso vivo (CMS, %PV) estimado em relação ao tamanho médio de partícula de rações contendo silagem de milho (SM) ou cana-de-açúcar

4.3.2. Índice de seleção

Na Tabela 4.9 está demonstrado o índice de seleção (IS) representado pela equação: $100 \times (\text{ingestão observada} / \text{ingestão predita})$. As médias para os IS de rações contendo cana-de-açúcar nas peneiras Y1, Y2 e Y3 foram de: 109,20; 81,70 e 87,37 %. Pela análise estatística observa-se que houve diferenças entre todas as frações para a cana-de-açúcar, diferente do que ocorreu para as rações contendo silagem de milho, onde as frações retidas pelas peneiras apresentaram IS semelhantes (Tabela 4.10). Ao comparar as mesmas frações entre os alimentos avaliados, foram observadas alterações importantes na preferência dos animais, sobretudo pela maior variação ocorrida para cana-de-açúcar em relação à silagem de milho. De forma geral, na cana-de-açúcar os animais preferiram mais as partículas de tamanhos extremos, sendo que no uso da silagem de milho o consumo foi considerado semelhante entre as frações retidas nas peneiras.

Ajustes para o modelo de regressão foram observados apenas para rações contendo cana-de-açúcar (Tabela 4.10). Porém, os modelos ajustaram-se para as peneira Y1, Y2 e Y3.

Na Figura 4.3 está apresentada a estimativa de valores para o índice de seleção nas frações Y1, Y2 e Y3. O aumento do TMP nas frações Y1 e Y3 diminui o IS. Enquanto que na fração Y2 maiores TMP podem promover maiores índices de seleção.

Tabela 4.9 – Efeito do processamento mecânico da cana-de-açúcar e do fornecimento da silagem de milho para cabras leiteiras sobre o índice de seleção em relação as frações estratificadas nas peneiras

Fração	Alimento	IS (%) ¹	Regressão	
			Linear	Quadrática
Rações contendo cana-de-açúcar				
Y1 = > 38 mm	CANA ²	109,20 ^{aA}	P = 0,0019	ns ⁴
Y2 = 19 - 38 mm	CANA ²	81,70 ^{dB}	P = 0,0279	ns ⁴
Y3 = 7,8 - 19 mm	CANA ²	87,37 ^{cB}	P = 0,0535	P = 0,0022
Y4 = < 7,8 mm	CANA ²	108,35 ^{bA}	ns ⁴	ns ⁴
Rações contendo silagem de milho				
Y1 = > 38 mm	SM ³	96,36 ^B	ns ⁴	ns ⁴
Y2 = 19 - 38 mm	SM ³	95,81 ^A	ns ⁴	ns ⁴
Y3 = 7,8 - 19 mm	SM ³	98,41 ^A	ns ⁴	ns ⁴
Y4 = < 7,8 mm	SM ³	96,12 ^B	ns ⁴	ns ⁴

¹ IS (%) = índice de seleção; ²CANA = rações contendo cana-de-açúcar ; ³SM = rações contendo silagem de milho; ⁴ns = não significativo.^{a-d} Médias na mesma coluna, com letras minúsculas sobrescritas iguais, diferem entre si para o mesmo alimento; ^{A-B} Médias na mesma coluna para a mesma fração, com letras maiúsculas sobrescritas iguais, diferem umas das outras

Tabela 4.10 – Equações de regressão para rações contendo cana-de-açúcar processadas em relação ao índice de seleção

Fração	Alimento	Equação
Y1 = > 38 mm	CANA	$\hat{y} = 138,59 - 4,1569 \times TMP$
Y2 = 19 - 38 mm	CANA	$\hat{y} = 64,76 + 3,0085 \times TMP$
Y3 = 7,8 - 19 mm	CANA	$\hat{y} = - 108,77 + 49,7492 \times TMP - 3,0801 \times TMP^2$

Figura 4.3 – Índice de seleção das frações Y1, Y2 e Y3 de rações contendo cana-de-açúcar processada em TMP entre 5,5 e 10,05 mm

4.3.3. Comportamento ingestivo

Na Tabela 4.11 estão apresentados valores médios do comportamento ingestivo de cabras em lactação alimentadas com rações contendo cana-de-açúcar processada mecanicamente sob tamanho de partículas curto, médio ou longo ou contendo silagem de milho. Apenas para o tempo de ingestão por kg de MS e de FDN foi observado efeito linear com $P = 0,0062$ e $0,0201$, respectivamente. No entanto, para as variáveis tempo de ruminação e mastigação por kg FDN foram verificadas ajustes para a regressão quadrática (Tabela 4.12). A FDNfe (LAMMERS; BUCKMASTER; HEINRICHS, 1996) foi de 43,10% para a cana-de-açúcar e 34,82% para a silagem de milho (Tabela 4.11).

Na Figura 4.4 está representada a % de retenção das frações Y1, Y2, Y3 e Y4 obtidas por meio do sistema *Penn State Particle Size Separator*, as porcentagens observadas para todas as frações sugerem que com o aumento no TMP, como esperado, houve acréscimo da porcentagem de partículas retidas nas peneiras com diâmetros superiores.

Tabela 4.11 – Valores médios do comportamento ingestivo de cabras leiteiras recebendo rações contendo cana-de-açúcar ou silagem de milho

Variável	Cana	Silagem	Regressão	
			Linear	Quadrática
CMS, kg.dia ⁻¹	1,78	1,99	ns ²	ns ²
CFDN, kg.dia ⁻¹	0,77	0,84	ns ²	ns ²
Tempo total, min.d ⁻¹				
Ingestão	273,67 ^b	285,05 ^a	ns ²	ns ²
Ruminação	373,19 ^b	388,05 ^a	ns ²	ns ²
Mastigação	660,50 ^a	655,46 ^b	ns ²	ns ²
Tempo despendido por unidade de MS, min. kg MS ⁻¹				
Ingestão	156,82 ^a	152,99 ^b	P = 0,0062	ns ²
Ruminação	218,91 ^a	192,48 ^b	ns ²	ns ²
Mastigação	345,40 ^b	375,83 ^a	ns ²	ns ²
Tempo despendido por unidade de FDN, min. kg FDN ⁻¹				
Ingestão	361,60 ^b	370,28 ^a	P = 0,0201	ns ²
Ruminação	502,84 ^a	469,93 ^b	ns ²	P = 0,0065
Mastigação	865,24 ^a	840,24 ^b	ns ²	P = 0,0153
FDNfe ¹	43,10 ^a	34,82 ^b	ns ²	ns ²

¹ FDNfe = fibra em detergente neutro fisicamente efetiva calculada pela proporção da MS retida nas peneiras Y1, Y2 e Y3 do PSPS multiplicado pela porcentagem de FDN da dieta (LAMMERS; BUCKMASTER; HEINRICHS, 1996); ²ns = não significativo; ^{a-b} Médias na mesma linha seguidas de letras distintas diferem entre si (P < 0,05)

As equações de regressões calculadas com base no banco de dados para o comportamento ingestivo estão apresentadas na Tabela 4.12. Na Figura 4.4 estão apresentadas as variáveis estimadas pelo ajuste do modelo por meio da regressão

linear ou quadrática. Nesta figura pode-se observar a ocorrência de respostas máximas e mínimas dos tamanhos de partículas associada a variável estudada. O modelo ajustado estimou que o aumento do TMP de rações contendo cana-de-açúcar aumenta linearmente o tempo de ingestão por kg de MS e FDN, e a média encontrada foi de 156,82 e 361,60 min.kg⁻¹, respectivamente. No entanto, para o tempo de ruminação e mastigação por kg de FDN (Figura 4.5) o comportamento observado foi quadrático demonstrando tendência a diminuição desses parâmetros conforme o TMP é aumentado. O mesmo comportamento não pode ser observado para rações contendo silagem de milho que linearmente o modelo estimou diminuir o tempo de ingestão por kg de MS e FDN. Entretanto, para o tempo de ruminação e mastigação por kg de FDN o comportamento foi quadrático tendendo aumentar o tempo de ruminação e mastigação por kg de FDN com maiores TMP.

Tabela 4.12 – Equações de regressão relativas ao comportamento ingestivo de cabras leiteiras recebendo rações contendo cana-de-açúcar processada mecanicamente ou silagem de milho

Variável	Regressão		Equação
	Linear	Quadrática	
Tempo despendido por unidade de MS, min. kg MS ⁻¹			
Ingestão	P = 0,0062	ns	$\hat{y}_{cana} = 79,8391 + 9,8348 \times TMP$ $\hat{y}_{silagem} = 719,0991 - 76,2413 \times TMP$
Tempo despendido por unidade de FDN, min. kg FDN ⁻¹			
Ingestão	P = 0,0201	ns	$\hat{y}_{cana} = 235,77 + 15,49 \times TMP$ $\hat{y}_{silagem} = 1685,83 - 177,43 \times TMP$
Ruminação	ns	P = 0,0065	$\hat{y}_{cana} = 124,47 + 70,3983 \times TMP - 3,9935 \times TMP^2$ $\hat{y}_{silagem} = 59831,47 - 16261 \times TMP + 1108,20 \times TMP^2$
Mastigação	ns	P = 0,0153	$\hat{y}_{cana} = -219,13 + 244,67 \times TMP + 14,4778 \times TMP^2$ $\hat{y}_{silagem} = 82601,87 - 22165 \times TMP + 1495,75 \times TMP^2$

Figura 4.4 – Porcentagem de retenção das frações Y1, Y2, Y4 e Y4 em relação ao tamanho médio de partículas em cana-de-açúcar mecanicamente processada

Figura 4.5 – Regressão quadrática do tempo de ingestão por kg de MS (Min/kg MS M) e FDN (Min/kg FDN M) tempo de ruminação por kg de FDN (Min/kg FDN R) tempo de mastigação por kg de FDN (min/kg FDN M)

4.3.4. Composição do leite

Na Tabela 4.13 estão apresentados as médias e a probabilidades de ajuste das equações das variáveis relativas à produção e composição de leite de cabras alimentadas com rações contendo cana-de-açúcar ou silagem de milho. Para todas as variáveis relacionadas notou-se que a silagem de milho apresentou maiores valores quando comparado com as rações contendo cana-de-açúcar, exceto para o NU (mg.dL^{-1}).

Tabela 4.13 – Valores médios da composição do leite de cabras leiteiras recebendo rações contendo cana-de-açúcar ou silagem de milho em relação ao tamanho médio de partícula (mm)

Variável	Cana	SM ¹	Regressão	
			Linear	Quadrática
Composição do leite				
PL, kg.d ^{-1 2}	2,01 ^b	2,22 ^a	ns ⁸	ns ⁸
PLCG 3,5, kg.d ^{-1 3}	2,16 ^b	2,52 ^a	P = 0,0185	ns ⁸
Gordura, %	3,86 ^b	4,27 ^a	ns ⁸	ns ⁸
Gordura, g.d ⁻¹	79,87 ^b	96,59 ^a	P = 0,0338	ns ⁸
Proteína, %	3,33 ^b	3,43 ^a	ns ⁸	ns ⁸
Proteína, g.d ⁻¹	66,60 ^b	75,83 ^a	ns ⁸	ns ⁸
G:P ⁴	1,10 ^b	1,13 ^a	P = 0,0096	P = 0,0423
Lactose, %	4,58 ^b	4,64 ^a	ns ⁸	ns ⁸
Lactose, g.d ⁻¹	92,50 ^b	103,80 ^a	ns ⁸	ns ⁸
ST, % ⁵	12,51 ^b	13,07 ^a	ns ⁸	ns ⁸
ST, g.d ⁻¹⁵	253,34 ^b	292,09 ^a	ns ⁸	ns ⁸
ESD, % ⁶	8,65 ^b	8,82 ^a	ns ⁸	ns ⁸
ESD, g.d ^{-1 6}	173,86 ^b	195,87 ^a	ns ⁸	ns ⁸
NU, mg.dL ^{-1 7}	31,34 ^a	27,49 ^b	ns ⁸	ns ⁸

¹SM = silagem de milho ²PL = produção de leite (kg.an.d⁻¹); ³PLCG 3,5 = produção de leite corrigida para 3,5% de gordura; ⁴G:P = relação gordura e proteína; ⁵ST = sólidos totais; ⁶ESD = extrato seco desengordurado; ⁷NU = nitrogênio ureico; ⁸ ns = não significativo; ^{a-b} Médias na mesma linha seguidas de letras distintas diferem entre si (P < 0,05)

A variável que apresentou ajuste para equação de regressão quadrática foi a relação gordura:proteína (Tabela 4.13; P = 0,0423). Pode-se também verificar na Tabela 4.14 adequação dos dados para regressão linear para produção de leite corrigida para 3,5 % de gordura (PLCG 3,5; P = 0,0185) e produção de gordura (g.d⁻¹; P = 0,0338). Na Figura 4.6 e 4.7 esta demonstrada a associação do tamanho

médio de partícula com as variáveis PLCG 3,5, produção de gordura do leite e a relação da gordura:proteína.

Tabela 4.14 – Equações de regressão da composição do leite de cabras leiteiras recebendo rações contendo cana-de-açúcar processada ou silagem de milho

Variável	Regressão		Equação
	Linear	Quadrática	
PLCG ¹ , kg.d ⁻¹	P = 0,0185	ns ³	$\hat{y}_{cana} = 3,0395 + 0,004903 \times TMP$ $\hat{y}_{SM} = 8,1311 - 0,6241 \times TMP$
Gordura, g.d ⁻¹	P = 0,0338	ns ³	$\hat{y}_{cana} = 108,72 + 0,09437 \times TMP$ $\hat{y}_{SM} = 303,92 - 22,8114 \times TMP$
G:P ²	P = 0,0096	P = 0,0423	$\hat{y}_{cana} = 2,5518 - 0,3646 \times TMP + 0,02362 \times TMP^2$ $\hat{y}_{SM} = 30,7234 - 7,7801 \times TMP + 0,5115 \times TMP^2$

¹PLCG 3,5 = produção de leite corrigida para 3,5% de gordura; ²G:P = relação gordura e proteína;

³ns = não significativo.

Figura 4.6 – Regressão linear da produção de leite corrigida para 3,5 % de gordura (PLCG 3,5%) estimada em relação ao tamanho médio de partícula de rações contendo silagem de milho (SM) ou cana-de-açúcar

Figura 4.7 – Regressão quadrática da quantidade de gordura (g.dia^{-1}) e a relação entre gordura e proteína estimada em relação ao tamanho médio de partícula de rações contendo cana-de-açúcar (CANA) ou silagem de milho (SM)

Na Tabela 4.15 estão apresentadas as concentrações médias de glicose, e nitrogênio uréico no sangue de cabras alimentadas com cana-de-açúcar ou silagem de milho antes do fornecimento das rações e três horas após o fornecimento, bem como o peso vivo médio ao longo do experimento.

Tabela 4.15 – Concentrações médias de glicose, nitrogênio uréico plasmático e variações no peso corporal das cabras no início da lactação alimentadas com as rações experimentais

Variável	Cana	Silagem	EPM ¹	Regressão	
				Linear	Quadrática
Glicose, mg.dL ⁻¹					
T0 ²	102,0	104,0	0,03	ns ⁴	ns ⁴
T3 ³	109,0	110,0	0,15	ns ⁴	ns ⁴
Nitrogênio uréico mg.dL ⁻¹					
T0 ²	23,05 ^a	18,37 ^b	1,33	ns ⁴	ns ⁴
T3 ³	24,19 ^a	20,39 ^b	1,71	ns ⁴	ns ⁴
Peso vivo médio	60,23	60,72	2,52	ns ⁴	ns ⁴

¹EPM = erro padrão da média; ²Sangue colhido antes do fornecimento da ração; ³Sangue colhido 3 horas após o fornecimento da ração; ⁴ ns = não significativo ($P > 0,05$).

4.4. Discussão

A variável consumo de matéria seca em relação ao PV apresentou regressão linear ($P = 0,0443$, Tabela 4.7 e Figura 4.2). A regressão estimou que o CMS (%PV) para rações contendo cana-de-açúcar aumenta linearmente com o tamanho de partícula. De acordo com Kononoff; Heinrichs, Lehman (2003) o CMS (%PV), de fato, deveria diminuir com o aumento do tamanho de partícula. Porém, nas condições do presente estudo o intercepto da equação para esta variável é baixo (2,18) revelando pouca influência sobre essa variável. Entretanto, para o CMS (%PV) de rações contendo silagem de milho o comportamento seguiu de acordo com o relatado na literatura (KONONOFF; HEINRICHS, LEHMAN; 2003) em que a tendência foi diminuir o CMS com o aumento do tamanho de partícula. Essa tendência discrepante entre cana-de-açúcar e silagem de milho em relação ao consumo, sugere maior capacidade dos animais em recusar partículas de tamanho semelhante para cana-de-açúcar, provocando com isso prováveis alterações na proporção volumoso: concentrado nessa ração.

Na Tabela 4.7 estão demonstradas as médias das variáveis de consumo de nutrientes, conversão e eficiência alimentar. O consumo médio de MS e consumo em % PV de rações contendo cana-de-açúcar ao longo do experimento foi de 1,91 kg.dia⁻¹ e 2,53 % PV, e para rações contendo silagem de milho de 2,06 kg.dia⁻¹ e 2,81 % PV, respectivamente. Os valores observados para o CMS (kg.dia⁻¹) são inferiores aos observados na literatura (GENTIL et al., 2007a; MENDES, 2006; BAVA et al., 2001) para animais consumindo cana-de-açúcar ou silagem de milho. Os autores relatam CMS de 2,43 e 2,82 kg.dia⁻¹ para rações contendo cana-de-açúcar e 2,61 kg.dia⁻¹ para rações contendo silagem de milho, respectivamente. É provável que o menor CMS observado neste ensaio quando comparado aos resultados da literatura esteja relacionado ao teor de FDN das rações, mesmo porque a CA e a EA não foram consideradas atípicas. O menor CMS encontrado foi provavelmente devido a maior inclusão de FDN nas rações e pelo fato da cana-de-açúcar apresentar menos digestibilidade característica de sua fibra (MUI; LEDIN; BINH, 2000)

Com base em equações e tabelas nutricionais disponíveis (NRC, 1981; GONÇALVES et al., 2001; SILVA et al., 2005) pode-se sugerir que o CMS (% PV) observado neste ensaio esta dentro do recomendado. Isto porque a ingestão pode variar de 3 a 6 % do PV para cabras em lactação, e chegar até 8% do PV em animais de alta produção. Os valores observados para o CMS (%PV) para rações contendo cana-de-açúcar e silagem de milho foram de 2,53 e 2,81 % PV, respectivamente. Parte da elevada variação em torno dessa média deve-se ao fato de que os animais utilizados neste ensaio apresentaram considerável variação de peso vivo (Tabela 4.2), onde o mínimo foi de 41,0 e o máximo de 96,0 kg.

Diversos estudos (BEAUCHEMIN, 1991; ALLEN, 1997; MERTENS, 1997; FISCHER et al., 1994) relataram que a diminuição do tamanho de partícula da forragem resulta no aumento da ingestão, em contraste outros (COLENBRANDER; NOLLER; GRANT, 1991; GRANT; COLENBRANDER; MERTENS, 1990), reportam não ter encontrado diferenças, como ocorrido neste estudo.

A maioria dos estudos que não encontram efeito do tamanho de partícula em relação ao desempenho inclui animais em estágios de lactação intermediário ou avançados. É provável que a falta de efeito em relações ao desempenho é que geralmente nesta fase os animais necessitam acumular reservas de energia para a próxima lactação. Kononoff; Heinrichs, Lehman (2003) alimentaram vacas com rações que apresentavam tamanho de partícula reduzido e observaram aumento no ganho de peso de vacas que se encontravam em período de lactação avançado.

Além do CMS, outra variável que deveria ser modificada com a alteração do TMP é o CFDN, entretanto esse acontecimento não ocorreu. Isso porque o CFDN segundo Kononoff; Heinrichs, Lehman (2003) é aumentado com rações que apresentem tamanho de partícula reduzido, em parte este comportamento esta relacionado com o aumento do CMS. Sendo assim, a redução do tamanho de partícula diminui os problemas com a seleção, aumentando o consumo de partículas menores que nelas também estão incluídas os componente da parede celular (carboidratos fibrosos) (LEONARDI; ARMENTANO, 2003). Portanto, modificações no CFDN são justificadas por esta variável estar diretamente relacionada com o

CMS, que no presente estudo não foi alterado independente do volumoso estudado (Tabela 4.6).

As equações geradas estimaram valores para a seleção das partículas de rações contendo cana-de-açúcar para as frações Y1, Y2 e Y3. Na fração Y1 o modelo estima que conforme o tamanho de partícula é aumentado, menor é a preferência pelas partículas maiores. Ou seja, o índice de seleção é reduzido conforme a preferência pelas partículas retidas nessa fração é diminuída (Figura 4.4).

Dessa forma, os resultados indicam claramente que o processamento da cana-de-açúcar incidiu em seleção pelos animais, onde as cabras tiveram preferência pelos menores tamanhos. Os resultados obtidos neste ensaio são similares aos observados por Leonardi; Armentano (2003) e DeVries; Beauchemin; Von Keyserlingk (2007) em que vacas recusaram as partículas longas, preferindo as mais curtas. Considerando os ingredientes utilizados nas rações deste ensaio é aparente que as cabras preferiram as menores partículas, representados pelos ingredientes concentrados, geralmente representado por pequenas partículas (até 5 mm) e pelas menores partículas de cana-de-açúcar. Diversos estudos (DEVRIES; BEAUCHEMIN; VON KEYSERLINGK, 2007; KONONOFF; HEINRICHS; LEHMAN, 2003; ONETTI; REYNAL; GRUMMER, 2004) demonstraram que os animais rejeitam as partículas longas. E que a ingestão de FDN pode ser aumentada pela modificação das características físicas (TMP) e químicas das forragens quando fornecidas na forma de ração total. Poucos autores observam a influência da proporção volumoso:concentrado no comportamento alimentar dos animais. No presente estudo a proporção volumoso:concentrado para rações contendo cana-de-açúcar foi de 56:44. Mesmo que o CMS (kg.d^{-1}) tenha sido inferior ao observado na literatura como descrito anteriormente, as cabras apresentaram consumo relativamente uniforme como se pode observar na Tabela 4.8. Pode-se afirmar essa uniformidade relativa pelo alto índice de seleção observado em todas as frações. Esse evento indica que além do concentrado os animais preferiram também os menores tamanhos de partícula da cana-de-açúcar. Apesar disso, houve maior

constância de consumo nas rações contendo silagem de milho em relação aquelas que continham cana-de-açúcar (Tabela 4.9)

Os tamanhos de partículas estimados no presente estudo, não influenciaram o CMS (kg.d^{-1}), variável mais sensível a alteração das características físicas da ração. Entretanto não foi observado nenhum ajuste de modelo para essa variável e o desempenho dos animais foi satisfatório com o consumo de rações contendo cana-de-açúcar. Este comportamento indica que o processamento mecânico da cana-de-açúcar nos tamanhos de partícula variando entre 5,50 e 10,05 mm, gerou baixa capacidade de seleção das partículas pelos animais.

Além do índice de seleção, outra maneira de observar os efeitos do tamanho de partícula no desempenho dos animais é avaliando o comportamento ingestivo. No presente estudo, o modelo gerado revelou que o aumento do tamanho de partícula de rações contendo cana-de-açúcar induziu a aumento no tempo de ingestão por kg de MS e FDN. As médias para esses parâmetros foram de 156,82 e 361,60 min.kg^{-1} . Esses valores não estão de acordo com o observado por Gentil et al. (2007b) e Mendes (2006), que encontraram para essas variáveis valores de 260 e 277 min.kg^{-1} para a MS e 273 e 297 min. kg^{-1} para a FDN, respectivamente.

A atividade de mastigação que pode ser modificada pelo tempo de ingestão, é o mecanismo preliminar para reduzir o tamanho de partícula. Já é bem estabelecido que o aumento do tamanho de partícula da forragem eleva a atividade de mastigação, mas relativamente poucos são os estudos que relacionaram estas medidas à estratificação de partículas do PSPSS (MARI; NUSSIO, 2002). Sendo assim, o que diferencia os resultados aqui obtidos com os estudos citados é que o aumento da proporção de partículas retidas nas peneiras de 39 e entre 19 e 39 mm (Tabela 4.4) podem alterar de forma significativa a atividade total de mastigação de vacas alimentadas com rações contendo cana-de-açúcar como fonte de forragem. Na Figura 4.4, os dados sugerem que quando maiores porcentagens de retenção nas peneiras Y1, Y2 e Y3 foram observadas, maior é o TMP estimado. Por outro lado, quanto maior a porcentagem de retenção na peneira Y4 = que retém partículas menores do que 7,9 mm menor é o TMP.

Outra diferença importante entre os estudos relacionados tem haver com a proporção volumoso:concentrado que no caso deste ensaio foi de 56:44 para rações contendo cana-de-açúcar. Menores proporções de concentrado facilitam a ingestão, por diminuir a seleção. Entretanto, maiores quantidades de FDN são ingeridas nesse caso, o que provavelmente poderia aumentar, no presente estudo, o tempo de ingestão/kg de FDN para a cana-de-açúcar. O tempo de mastigação e ruminação por kg de FDN apresentaram efeito quadrático ($P = 0,0065$ e $0,0153$, respectivamente) e média de $502,84$ e $865,24 \text{ min.kg}^{-1}$, diferente do que ocorreu para o tempo de ingestão em relação aos resultados encontrados na literatura (GENTIL et al., 2007b; MENDES, 2006). O tempo de mastigação e ruminação observado neste ensaio estão próximos aos observados por Gentil et al. (2007b) e Mendes (2006). Esses autores avaliaram comportamento ingestivo de cabras em lactação alimentadas com cana-de-açúcar e os resultados obtidos foram de 491 e 513 min.kg^{-1} de FDN para o tempo de ruminação e 772 e 810 min.kg^{-1} para o tempo de mastigação, respectivamente.

Os valores observados no presente estudo, para o tempo de ingestão por kg de MS e de FDN para rações contendo SM foram de $152,99$ e $370,28 \text{ min.kg}^{-1}$. Beauchemin (1991) relatou que os ruminantes podem gastar de 120 a 540 min.d^{-1} ingerindo e de 120 a 900 min.d^{-1} ruminando, variando principalmente com o nível de ingestão. Para a SM foi observado tempo de ruminação e mastigação por kg de FDN de $469,92 \text{ min.d}^{-1}$, valor este dentro do intervalo relatado por Beauchemin (1991). De acordo com o modelo ajustado no presente estudo observou-se (Figura 4.5) que o aumento no tamanho de partícula diminuiu o tempo de ingestão por kg de MS e FDN. É provável que esse efeito não esteja associado apenas ao tamanho médio de partícula mas também com a proporção volumoso: concentrado que neste ensaio foi de 50:50, para rações contendo silagem de milho. Gonçalves et al. (2001), estudaram o comportamento de cabras leiteiras alimentadas com rações com diferentes proporções volumoso:concentrado (100:0; 80:20; 60:40; 40:60 e 20:80). Eles verificaram que o aumento do nível de concentrado nas rações diminuiu os tempos despendidos com ingestão e ruminação.

Os menores tempos dispensados com atividades de ingestão, ruminação e mastigação observados para a silagem de milho quando comparada com as rações contendo cana-de-açúcar é devido provavelmente a menor presença de FDNfe (Tabela 4.11). De acordo com Armentano; Pereira (1997) a fração FDNfe está relacionada às características físicas da fibra que influenciam a atividade mastigatória e a natureza bifásica do conteúdo ruminal. Portanto, neste estudo pode-se concluir que menor FDNfe resulta em menor tempo gasto com a atividade de mastigação. A FDNfe encontrada para a SM neste ensaio foi de 34,82 %. Este valor está próximo ao observado por Kononoff; Heinrichs, Lehman (2003) que relatam valor de 32,1 % para rações contendo silagem de milho com tamanho médio de partícula longo. Essa semelhança indica que a metodologia utilizada neste ensaio é boa preditora para a determinação da FDNfe.

Não foram ajustados modelos que estimassem as variáveis: PL (kg.dia^{-1}), gordura (%), proteína ($\text{g e \%}.\text{dia}^{-1}$), lactose ($\text{g e \%}.\text{dia}^{-1}$), ST ($\text{g e \%}.\text{dia}^{-1}$) ESD ($\text{g e \%}.\text{dia}^{-1}$) e NU (mg.dL^{-1}) no leite, em associação ao TMP de rações contendo cana-de-açúcar ou silagem de milho (Tabela 4.13 e 4.14). Entretanto os dados ajustaram-se linearmente para a produção de gordura (g.dia^{-1}), e PLCG 3,5 (Figura 4.6).

O modelo linear estimou que o aumento no TMP de rações contendo cana-de-açúcar aumenta a PLCG 3,5, bem como a produção de gordura (g.dia^{-1}) (Figura 4.6 e 4.7). Portanto, neste ensaio foi observado que a hipótese original é verdadeira, de que maiores TMP aumentam a gordura do leite (ARMENTANO; PEREIRA, 1997; GRANT; COLENBRANDER; MERTENS, 1990; FISCHER et al., 1994). Mesmo que a porcentagem de gordura do leite não tenha apresentado ajuste para nenhum modelo, a produção de gordura do leite e a PLCG 3,5 demonstraram ser afetadas pelo TMP. Isto provavelmente ocorreu devido a porcentagem de gordura do leite ser uma medida menos variável, quando comparada com a produção de gordura. Outra possibilidade do aumento da gordura do leite está relacionada com o aumento nos teores de FDN das rações e pelo FDNfe estar dentro das recomendações exigidas para ruminantes, como já relatado. Foi observado valor de $79,87 \text{ g.dia}^{-1}$ para a produção de gordura no leite

de cabras alimentadas com rações contendo cana-de-açúcar processada nos TMP entre 5,50 e 10,05 mm. Este valor está entre aos valores observados por Gentil et al. (2007a) e Cabral et al. (2009) que estudaram o desempenho de cabras lactantes alimentadas com cana-de-açúcar *in natura* e encontraram valores de 66,92 e 86 g.dia⁻¹. Os resultados sobre o efeito do fornecimento de cana-de-açúcar sobre o desempenho de cabras leiteiras é escasso. Entretanto, diversos estudos relataram menores produções de leite para vacas alimentadas com cana-de-açúcar comparados com outro volumoso (PIRES et al. 2010; MAGALHÃES et al. 2004; CORRÊA et al. 2003), embora esses resultados sejam muito dependentes da adequação do balanceamento das rações para os animais.

Foi observada regressão quadrática para a relação G:P de cabras alimentadas com cana-de-açúcar e a média apresentou-se em 1,10 (Tabela 4.13; Figura 4.7), em que maiores TMP aumentaram a relação G:P. Alterações na produção de gordura e na relação G:P provavelmente se deveram às modificações do TMP. Os demais componentes, dentre eles, proteína, lactose e ST apresentaram médias de 3,33, 4,58 e 12,51%, respectivamente e não foram ajustados para os modelos estudados. Esses valores estão próximos aos observados por Gomes et al. (2004) os quais foram de 2,83; 4,33 e 12,70%, respectivamente. Alguns autores relataram que o principal fator fisiológico envolvido com as variações dos constituintes do leite é o estágio de lactação. Contudo, o estágio de lactação foi controlado por meio da distribuição dos animais nos grupos referentes ao estágio de lactação em que o animal se encontrava.

Dentre os componentes do leite menos variáveis incluí-se a lactose devido a estreita relação que existe entre a síntese de lactose e a quantidade drenada para o leite. Fredeen (1996) considerou que o manejo nutricional dos animais tem pouca capacidade em alterar o conteúdo da lactose do leite. No entanto, foram observadas diferenças para essas variáveis apenas entre as rações contendo cana-de-açúcar ou silagem de milho, uma vez que rações contendo silagem de milho por terem promovido maiores consumos, apresentaram valores maiores para essa variável quando comparadas com as rações contendo cana-de-açúcar.

De acordo com Broderick; Clayton (1997) as concentrações de uréia no sangue e no leite estão associadas ao conteúdo de proteína da ração, relação energia:PB, concentração de amônia ruminal. Sendo assim, estes componentes são ferramentas importantes no diagnóstico da eficiência da utilização de N. O nitrogênio uréico no sangue é o principal produto final do metabolismo das fontes de nitrogênio em ruminantes. E altas concentrações correspondem à ineficiência na utilização do N proveniente da ração (NOUSIAINEN; SHINGFIELD; HUHTANEN, 2004).

Os dados relativos às concentrações de uréia no leite (NUL) e ao nitrogênio uréico no plasma (NUP) estão apresentados nas Tabelas 4.13 e 4.15. As concentrações de NUL e NUP não apresentaram nenhum ajuste para a análise de regressão. Os resultados encontrados para o NUL de cabras que receberam rações contendo cana-de-açúcar foram de 31,34 mg.dL⁻¹ e o NUP foram de 23,05 mg.dL⁻¹ antes do fornecimento da ração e 18,37 mg.dL⁻¹ após três horas do arraçoamento, sendo que a diferença entre os tempos foi de 4,68 mg.dL⁻¹.

A concentração de NUL recomendada pela literatura citada indica eficiência adequada de utilização do nitrogênio da ração quando este situa-se no intervalo de 10 a 17 mg.dL⁻¹. Os valores observados no presente estudo para o NUL estão acima do recomendado. As concentrações observadas para o NUP estão próximas aos observados por Gentil et al. (2007a) que alimentaram cabras em lactação com cana-de-açúcar e Mendes et al. (2010) que avaliaram o desempenho de cabras em lactação substituindo parcialmente o farelo de soja pela uréia ou pela amiréia. Os autores relataram que altas concentrações no NUL e no NUP estão relacionadas provavelmente ao fornecimento de uréia na alimentação, isso porque ocorre aumento na velocidade de hidrólise, consequentemente aumentando os níveis de NU no leite e plasma.

Parâmetro adicional que identifica possíveis alterações no metabolismo energético dos animais é a glicose plasmática. Os valores encontrados no presente estudo não apresentaram ajustes para nenhuma equação e foram superiores aos observados na literatura para animais consumindo cana-de-açúcar e silagem de milho (Tabela 4.14). De acordo com Santos et al. (1998), a manipulação das fontes de proteína na ração dificilmente afeta os teores de glicose plasmática. No entanto,

o NRC (2001) relata que o excesso de amônia ruminal pode alterar o metabolismo da glicose. A hiperglicemia geralmente está associada à hiperamonemia, clínica ou subclínica. Neste estudo, então se pode observar que as maiores concentrações de glicose ($> 100,0 \text{ mg.dL}^{-1}$) que se encontram fora do padrão de normalidade podem estar relacionadas com as altas concentrações de NUP as quais foram acima de 20 mg.dL^{-1} no plasma e maiores que 17 mg.dL^{-1} no leite. Os valores encontrados na literatura para glicose plasmática (GENTIL, et al. 2007a; MENDES et al. 2010; TANWAR et al.; 2000) estão próximos a 50 mg.dL^{-1} .

O mesmo comportamento para a glicose plasmática de cabras alimentadas com cana-de-açúcar foi observado quando os animais consumiram silagem de milho. Entretanto, as concentrações do NUP e NUL foram menores ($P < 0,05$) quando comparadas com as concentrações de cabras alimentadas com cana-de-açúcar. Provavelmente a silagem de milho promoveu melhor sincronismo dietético quando comparado com a cana-de-açúcar. Entretanto, os resultados de desempenho com cana-de-açúcar podem ser considerados muito bons quando comparado com a grande maioria dos rebanhos brasileiros.

4.5. Conclusões

A redução do tamanho médio de partícula (mm) da cana-de-açúcar no desempenho de cabras em lactação parece ser eficiente quando processada no intervalo entre 5,5 e 10,05 mm. Os modelos estimaram que, a diminuição do tamanho de partícula promove CMS mais uniformes, com menor seletividade, nas condições do presente estudo.

Em rações completas com tamanhos de partículas semelhantes, os animais apresentaram recusa de partículas de cana-de-açúcar mais intensamente que de silagem de milho, promovendo com isso alteração da proporção de volumoso:concentrado dessas rações.

Alterações importantes na produção de gordura do leite dos animais que receberam cana-de-açúcar na ração estariam associadas à variações no tamanho médio de partícula e no padrão de comportamento ingestivo.

Referências

AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL - AFRC. **Energy and protein requirements of ruminants**. Wallingford: CAB International, 1993. 159p.

ALLEN, M.S. Relationships between fermentation acid production in the rumen and the requirement for physically effective fiber. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 80, p. 1447-1462, 1997.

ARMENTANO, L.; PEREIRA, M. Measuring the effectiveness of fiber by animal response trials. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v.80, p.1416-1425, 1997.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 15th ed. Arlington: AOAC, 1990. v.1 1117p.

BAVA, L.; RAPETTI, L.; CROVETTO, G.M.; TAMBURINI, A.; SANDRUCCI, A.; GALASSI, G.; SUCCI, G. Effects of a nonforage diet on milk production, energy, and nitrogen metabolism in dairy goats throughout lactation. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 84, p. 2450-2459, 2001.

BEAUCHEMIN, K.A. Effects of dietary neutral detergent fiber concentration and alfalfa hay quality on chewing, rumen function, and milk production of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 74, p. 3140-3151, 1991.

BRASIL. Ministério de Agricultura Serviço Nacional de Pesquisa Agronômica Comissão de solos. **Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado de São Paulo**. Rio de Janeiro, 1960. 69 p.

BRODERICK, G.A.; CLAYTON, M.K. A statistical evaluation of animal and nutritional factors influencing concentrations of milk urea nitrogen. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 74, p. 858-865, 1997.

CABRAL, A.D.; BATISTA, Â.M.V.; MUSTAFA, A.; CARVALHO, F.F.R.; GUIM, A.; MONTEIRO, P.S.; LUCENA, R.B. Performance of dairy goats fed whole sugarcane. **Tropical Animal Health and Production**, Edinburgh, v. 41, p. 279–283, 2009.

CHANEY, A.L.; MARBACH, E.P. Modified reagents for determination of urea and ammonia. **Clinical Chemistry**, Washington, v.8, p.130-137, 1962.

COLENBRANDER, V.F.; C.H. NOLLER; R.J. GRANT. Effect of fiber content and particle size of alfalfa silage on performance and chewing behavior. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 74, p. 2681-2690, 1991.

CORRÊA, C.E.S.; PEREIRA, M.N.; OLIVEIRA, S.G.; RAMOS, M.H. Performance of holstein cows fed sugarcane or corn silages of different grain textures. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.60, n.4, p.621-629, oct./dec. 2003.

D'AGOSTINO, R.B.; STEPHENS, A.M. **Goodness-of-fit techniques**. New York: M. Dekker, 1986. v. 68. 560 p.

DEVRIES, T.J.; BEAUCHEMIN, K.A.; VON KEYSERLINGK, M.A.G. Dietary forage concentration affects the feed sorting behavior of lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 90, n. 12, p. 5572–5579, 2007.

DOHME, F.; DEVRIES, T.J.; BEAUCHEMIN, K.A. Repeated ruminal acidosis challenges in lactating dairy cows at high and low risk for developing acidosis: ruminal pH. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 91, p. 3554-3567, 2008.

EZEQUIEL, J.M.B.; QUEIROZ, M.A.Á., GALATI, R.L.; MENDES, A.R.; PEREIRA, E.M.O.; FATURI, C.; NASCIMENTO FILHO, V.F.; FEITOSA, J.V. Processamento da Cana-de-Açúcar: Efeito sobre a Digestibilidade, o Consumo e a Taxa de Passagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.34, n.5, p.1704-1710, 2005.

FISCHER, J.M.; BUCHANAN-SMITH, J.G; CAMPBELL, C.; GRIEVE, D.G.; ALLEN, O.B. Effects of forage particle size and long hay for cows fed total mixed rations based on alfalfa and corn. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 77, p. 217-229, 1994.

FREDEEN, A.H. Considerations in the nutritional modification of milk composition. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 59, p. 185-197, 1996.

GENTIL, R.S.; SUSIN, I.; NUSSIO, L.G.; MENDES, C.J.; ALMEIDA, O.C; QUEIROZ, M.A.A.; PACKER, I.U. Milk composition and milk yield of goats fed sugar cane silage. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON THE CHALLENGE TO SHEEP AND GOATS MILK SECTORS, 5., 2007, Alghero, IT. **Abstract...** Alghero, 2007 a. . p. 138

GENTIL, R.S.; PIRES, A.V.; SUSIN, I.; RODRIGUES, G.H.; QUEIROZ, M.A.Á.; URANO, F.S.. Comportamento ingestivo de cabras em início de lactação alimentadas com silagem de cana-de-açúcar In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 44.; 2007. Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: SBZ, 2007 b.. 1 CD-ROM

GOMES, V.; PAIVA, A.M.M.; LIBERA, D.; MADUREIRA, K.M.; ARAÚJO, W.P. Influência do estágio de lactação na composição do leite de cabras (*Capra hircus*). **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, São Paulo, v. 41, p. 339-342, 2004.

GONÇALVES, A.L., LANA, R.P.; RODRIGUES, M.T.; VIEIRA, R.A.M.; QUEIROZ, A.C.; HENRIQUE. D.S. Padrão nictemeral do pH ruminal e comportamento alimentar de cabras leiteiras alimentadas com dietas contendo diferentes relações volumoso:concentrado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 30, n. 6, p.1886-1892, 2001.

GRANT, R.J.; COLENBRANDER, V.F.; MERTENS, D.R. Milk fat depression in dairy cows: role of silage particle size **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 73, p. 1834-1842, 1990.

KONONOFF, P.J.; HEINRICHS, A.J.; LEHMAN, H.A. The effect of corn silage particle size on eating behavior, chewing activities, and rumen fermentation in lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 86, p. 3343-3353, 2003.

LAMMERS, B.P.; BUCKMASTER, D.R.; HEINRICHS, A.J.;. A simple method for the analysis of particle sizes of forage and total mixed rations. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 79, p. 922-928, 1996.

LEONARDI, C.; ARMENTANO, L.E. Effect of quantity, quality, and length of alfalfa hay on selective consumption by dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 86, n. 2, p. 557-564, 2003.

MAGALHÃES, A.L.R.; CAMPOS, J.M.S.; VALADARES FILHO, S.C.; TORRES, R.A.; NETO, J.M.; ASSIS, A.J. Cana-de-açúcar em substituição à silagem de milho em dietas para vacas em lactação: desempenho e viabilidade econômica. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.33, n.5, p.1292-1302, 2004.

MARI, L.J.; NUSSIO, L.G. 2002. **O método Penn State Particle Size Separator para a predição do tamanho de partículas de silagens**. Disponível em: <<http://www.beefpoit.com.br/bn/radarestecnicos>>. Acesso em: 10 out. 2007.

MENDES, C.J.; FERNANDES, R.H.R.; SUSIN, I.; PIRES, A.V.; GENTIL, R.S. Substituição parcial do farelo de soja por uréia ou amiréia na alimentação de cabras em lactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.39, n.8, p.1818-1824, 2010.

MENDES, C.Q. **Silagem de cana-de-açúcar na alimentação de ovinos e caprinos: valor nutritivo, desempenho e comportamento ingestivo**. 2006. 103p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura, "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

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

MERTENS, D.R. Regulation of forage intake. In: FAHEY JR., G.C. (Ed.). **Forage quality, evaluation and utilization**. Winsconsin: American Society of Agronomy, 1994. p.450-493.

MUI, N.T., LEDIN, I.; VAN BINH, D. Effect of chopping and level of inclusion of whole sugarcane in the diet on intake and growth of goats. **Livestock Production Sciences**, Amsterdam, v. 66, p. 25-34. 2000.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrients requirements of dairy cattle**. 7th .ed. Washington: National Academy of Sciences, 2001. 381 p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrients requirements of sheep**. Washington: National Academies Press, 2007. 362p.

NOUSIAINEN, J.; SHINGFIELD, K.J.; HUHTANEN, P. Evaluation of milk urea nitrogen as a diagnostic of protein feeding. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 87, n. 2, p. 386-398, 2004.

NUTRIENT REQUIREMENTS OF GOATS - NRC. Washington, D.C.: National Academy Press, 1981. 91p.

OLIVEIRA, B.Y.S.; ALVES, J.B.; BERGAMASCHINE, A.F.; ISEPON, O.J.; BASTOS, J.F.P. Desempenho de bovinos terminados em confinamento, com diferentes volumosos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001. Piracicaba. 2001. **Anais...** Piracicaba: SBZ, 2001. p. 1234-1235.

ONETTI, S.G.; REYNAL, S.M.; GRUMMER, R. R. Effect of alfalfa forage preservation method and particle length on performance of dairy cows fed corn silage-based diets and tallow. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 87, p. 652–664, 2004.

PAIVA, J.A.J.; MOREIRA, H.A.; CRUZ, G.M.; VERNEQUE, R.S. Cana-de-açúcar associada à uréia/sulfato de amônio como volumoso exclusivo para vacas em lactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.20, n.1, p.90-99, 1991.

PIRES, A.V.; SUSIN, I.; SIMAS, J.M.C.; JÚNIOR, R.C.O.; FERNANDES, J.J.R.; ARAUJO, R.C.; MENDES, C.Q. Substituição de silagem de milho por cana-de-açúcar e caroço de algodão sobre o desempenho de vacas holandesas em lactação. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 11, n. 2, p. 251-257, 2010.

RIBEIRO, E.G.; ESTRADA, L.H. C.; FONTES, C.A.A.; AGUIAR, R.S.; ROCHA, L.V. Níveis de substituição da silagem de milho pela cana-de-açúcar na alimentação de vacas de leite (consumo alimentar). In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37., 2000. Viçosa. **Anais...** Viçosa: SBZ, 2000. 1 CD-ROM.

SANTOS, F.A.P.; HUBER, J.T.; THEURER, C.B. Milk yield and composition of lactating cows fed steam-flaked sorghum and graded concentrations of ruminally degradable protein. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v.81, p.215-220, 1998

SANTOS, L.E. Hábitos e manejo alimentar de caprinos. In: ENCONTRO NACIONAL PARA O DESENVOLVIMENTO DA ESPÉCIE CAPRINA, 3, 1994, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: UNESP, 1994. p.1-27.

SILVA, H.G.O.; PIRES, A.J.V.; SILVA, F.F.; VELOSO, C.M.; CARVALHO, G.G.P.; CEZÁRIO, A.S.; SANTOS, C.C. Farelo de cacau (*Theobroma cacao* L.) e torta de dendê (*Elaeis guineensis*, Jacq) na alimentação de cabras em lactação: consumo e produção de leite. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.34, n.5, p.1786-1794, 2005.

TANWAR, R.K.; TINNA, N.K.; GAHLOT, A.K.; SHARMA, S.N.; OTESILE, E.B.; FAGBAMI, B.O.; ADEYEMI, O. Biochemical profile of clinical ketosis in goats. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON GOATS, 7., 2000.Tolouse. **Anais...**Toulouse, 2000, p.306-307.

TYRREL, H.F.; REID, J.T. Prediction of the energy value of cow's milk. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v.48, p.1215-1223, 1965.

VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.;LEWIS, B.A. Symposium: carboydrate methodology, metabolism, and nutritional implications in dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.74, n.10, p.3583-3597, 1991.