

Gabriel Alfonso García García

**Desempenho de vacas leiteiras em pastagem de capim elefante  
(*Pennisetum purpureum Schum.*) suplementado com  
diferentes fontes de carboidratos**

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

Área de concentração: Nutrição Animal

Orientador: Ronaldo Braga Reis

Belo Horizonte MG  
Escola de Veterinária da UFMG  
2007

G216g García, Gabriel Alfonso García, 1976-

Desempenho de vacas leiteiras em pastagem de capim elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) suplementado com diferentes fontes de carboidratos / Gabriel Alfonso García García. – 2007.

51 p. : il.

Orientador: Ronaldo Braga Reis

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária

Inclui bibliografia

1. Vaca – Alimentação e rações – Teses. 2. Suplemento alimentar – Teses. 3. Fermentação no rúmen – Teses. 4. Leite – Produção – Teses. I. Reis, Ronaldo Braga.
- II. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Veterinária. III. Título.

CDD – 636.214 085 2



## **AGRADECIMENTOS**

Ao Professor Ronaldo, pelo apoio constante e ensinamentos.

Ao GP Leite (José, André, Tiago, Tales, Rafa, Paulo), João e Bárbara pela grande ajuda durante o trabalho de campo e análises de laboratório.

Aos Professores Helton e Fernando César pelo apoio e conselhos.

Ao Bolívar, Marcelli, Patrícia, Hudson, Clovis e Alexandra pela sempre disposição e ajuda.

À Prof. Ângela e ao Danilo, pela realização das análises estatísticas.

Ao Mr Robson, por ser um amigo e uma pessoa que gosta transmitir sua grande experiência.

À equipe do Laboratório de Nutrição da Escola.

À toda a equipe da fazenda Helio Barbosa da Escola.

À Empresa (Don Luis) pelo apoio durante minha estadia no Brasil.

Ao Fernando Durán por abrir as portas deste fantástico país.

Ao Dr. Kike por acreditar em mi e ser meu amigo. As palavras são pequenas para agradecer todo o que ele tem feito por mi e minha família.

À Hidri, Doña Enriqueta, Marcelo e Juan Enrique, pela companhia durante a etapa final do trabalho e o nascimento de meu filho.

À minha Jararaquinha por seu amor, companhia e paciência.

À pa e ma, pela formação e exemplo.

A Girleny y Luis Gabriel

## SUMÁRIO

Resumo	9
Abstract	10
1.Introdução	11
2. Revisão de literatura	11
2.1 Produção de leite em pasto	11
2.2 Fontes de carboidratos	12
2.3 Fermentação ruminal dos carboidratos	13
2.4 Absorção no intestino delgado e metabolismo	14
2.5 Processamento de grãos	14
3. Material e métodos	16
3.1.Local, período e fatores edafoclimáticos	16
3.2.Animais e delineamento estatístico	16
3.3 Alimentos	16
3.3.1 Volumoso	16
3.3.2 Concentrados	17
3.4 Coletas e análises:	17
3.4.1 Estimativa do consumo do pasto de capim elefante e da digestibilidade aparente	17
3.4.2 Produção e composição do leite	19
3.4.3 Determinação das concentrações dos derivados de purinas	19
3.4.4 Avaliação da fermentação ruminal	20
3.4.5 Degradabilidade in situ:	20
3.4.6 Análises estatísticas	21
4.Resultados e discussão	22
4.1 Disponibilidade e composição do volumoso	22
4.2 Consumo de volumoso e de concentrados e digestibilidade aparente	24
4.3 Produção e composição do leite	28
4.4 Parâmetros de fermentação ruminal	32
4.5 Derivados de purinas	40
4.6 Degradabilidade In Situ	41
5.Conclusões	43
6.Bibliografia	43

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Dados climáticos nos períodos pré-experimental e experimental.	16
Tabela 2. Porcentagem dos ingredientes e composição dos concentrados com milho grão seco moído (MG), milho grão seco moído mais polpa de citrus (MP), polpa de citrus (PC) e silagem de grão úmido de milho (UM)	18
Tabela 3. Quantidade de concentrado, em matéria natural, oferecido diariamente a cada vaca	18
Tabela 4. Piquete, mês de utilização, área, períodos de ocupação (PO), disponibilidade de matéria seca por hectare (MS/ha) e oferta de matéria seca por vaca por dia (MS/vaca/dia) do capim elefante sob pastejo	22
Tabela 5. Teores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), lignina, nitrogênio aderido a FDA (NIDA), extrato etéreo (EE), cinzas e digestibilidade “in vitro” da matéria seca (DIVMS) do capim elefante sob pastejo, segundo o período experimental	23
Tabela 6. Ingestão de MS (matéria seca), MO (matéria orgânica), fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) de vacas em lactação em pastagem de capim elefante suplementado com diferentes fontes de carboidratos na mistura de concentrados	24
Tabela 7. Digestibilidade aparente da matéria seca (DA da MS) da dieta de vacas em lactação em pastagem de capim elefante suplementada com diferentes fontes de carboidratos na mistura de concentrados	24
Tabela 8. Produção e composição do leite e eficiência de nutrientes de vacas leiteiras em pastagem de capim elefante suplementada com diferentes fontes de carboidratos	29
Tabela 9. Valores médios de pH, concentrações médias de AGV totais, acetato, propionato, butirato e N-amoniaco, relação acetato/propionato do fluido ruminal de vacas em lactação em pastagem de capim elefante suplementada com diferentes fontes de carboidratos	32
Tabela 10. Concentração dos derivados de purinas e estimativa de síntese de proteína microbiana em vacas leiteiras em pastagem de capim elefante suplementada com diferentes fontes de carboidratos	40
Tabela 11. Parâmetros de degradação ruminal in situ da matéria seca e matéria orgânica da forragem de capim elefante	41
Tabela 12. Parâmetros de degradação ruminal in situ da matéria seca e matéria orgânica de concentrados com diferentes fontes de carboidratos	42

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. pH ruminal em função do tempo após a alimentação de vacas em lactação em pastagem de capim elefante suplementada com diferentes fontes de carboidratos: milho grão seco moído (MG), milho grão seco moído mais polpa de citrus (MP), polpa de citrus (PC) e silagem de grão úmido de milho (MU). As setas indicam os horários de fornecimento do concentrado 33

Figura 2. Concentrações molares de acetato em função do tempo de coleta após a alimentação de vacas em lactação em pastagem de capim-elefante suplementada com diferentes fontes de carboidratos: milho grão seco moído (MG), milho grão seco moído mais polpa de citrus (MP), polpa de citrus (PC) e silagem de grão úmido de milho (MU). As setas indicam os horários de fornecimento do concentrado 35

Figura 3. Concentrações de propionato em função do tempo após a alimentação de vacas em lactação em pastagem de capim-elefante suplementada com diferentes fontes de carboidratos: milho seco (MS), milho seco mais polpa de citrus (MP), polpa de citrus (PC) e silagem de grão úmido de milho (MU). As setas indicam os horários de fornecimento do concentrado 35

Figura 4. Relação acetato/propionato em função do tempo após a alimentação de vacas em lactação em pastagem de capim-elefante suplementada com diferentes fontes de carboidratos: milho grão seco moído (MG), milho grão seco moído mais polpa de citrus (MP), polpa de citrus (PC) e silagem de grão úmido de milho (MU). As setas indicam os horários de fornecimento do concentrado 36

Figura 5. Concentrações de butirato em função do tempo após a alimentação de vacas em lactação em pastagem de capim elefante suplementada com diferentes fontes de carboidratos: milho grão seco moído (MG), milho grão seco moído mais polpa de citrus (MP), polpa de citrus (PC) e silagem de grão úmido de milho (MU). As setas indicam os horários de fornecimento do concentrado 37

Figura 6. Concentrações de AGV totais em função do tempo após a alimentação de vacas em lactação em pastagem de capim elefante suplementada com diferentes fontes de carboidratos: milho grão seco moído (MG), milho grão seco moído mais polpa de citrus (MP), polpa de citrus (PC) e silagem de grão úmido de milho (MU). As setas indicam os horários de fornecimento do concentrado 37

Figura 7. Concentrações de N-amoniaco em função do tempo após a alimentação de vacas em lactação em pastagem de capim elefante suplementada com diferentes fontes de carboidratos: milho grão seco moído (MG), milho grão seco moído mais polpa de citrus (MP), polpa de citrus (PC) e silagem de grão úmido de milho (MU). As setas indicam os horários de fornecimento do concentrado 39



## Resumo

O manejo intensivo da pastagem e a utilização correta dos alimentos concentrados permitem aumentar a produtividade dos sistemas. O objetivo deste estudo foi avaliar os efeitos da silagem de grão úmido de milho e da substituição parcial ou total de milho seco por polpa de citrus sobre a digestibilidade, fermentação ruminal, produção e composição do leite em vacas mantidas em pastejo de capim elefante, manejado intensivamente. Foram utilizadas 12 vacas da raça holandesa, sendo oito multíparas (com  $73,1 \pm 22,7$  dias em lactação) e quatro primíparas (com  $76,2 \pm 30,3$  dias em lactação). As vacas foram distribuídas em quatro tratamentos em delineamento do tipo quadrado latino. Todas as vacas permaneceram em pastagem de capim elefante suplementado com concentrados que diferiram nas fontes de carboidratos: milho grão seco moído (MG), polpa de citrus mais milho grão seco moído (MP), polpa de citrus (PC) e silagem de grão úmido de milho (MU). Vacas que consumiram silagem de grão úmido de milho apresentaram maior consumo de forragem (9,7 kg de MS), seguidas das vacas que consumiram milho seco mais polpa de citrus (8,8 kg de MS), polpa de citrus (8,5 kg de MS) e milho grão seco moído (7,2 kg de MS). Não foi detectada diferença ( $p > 0,05$ ) na produção de leite total, corrigido para gordura (LCG 3,5) e para sólidos (LCS) entre os diferentes tratamentos. Vacas que receberam milho seco e milho de alta umidade apresentaram maior porcentagem de proteína e sólidos totais no leite ( $p < 0,05$ ), enquanto que vacas que receberam polpa citrus, apresentaram maior porcentagem de gordura ( $p < 0,01$ ). Vacas que consumiram silagem de grão úmido de milho apresentaram maior concentração de propionato ( $p < 0,01$ ) e menor relação acetato/propionato ( $p < 0,05$ ) no fluido ruminal. Vacas que consumiram silagem de grão úmido de milho apresentaram menores valores de nitrogênio uréico do leite ( $p < 0,05$ ). A ausência de resposta positiva ao processamento do milho (produção de leite total, leite corrigido para gordura (LCG 3,5) e para sólidos (LCS)), pode ser função do limitado potencial de produção dos sistemas em pasto, do mérito genético dos animais e do estresse calórico sofrido pelos animais. Em sistemas de pagamento do leite onde a composição não tem valor econômico definido, qualquer uma das fontes de carboidratos testados no presente estudo pode ser utilizada.

**PALAVRAS-CHAVE.** Capim-elefante, Silagem de grão úmido de milho, polpa de citrus, fermentação ruminal, vacas leiteiras.

## Abstract

Twelve (12) Holstein dairy cows were used in this study. Eight of those cows were multiparous, (with  $73,14 \pm 22,75$  days in milk) and four were primiparous, (with  $76,25 \pm 30,35$  days in milk). Cows were assigned to one of four treatments in a 4 x 4 triple simultaneous Latin square design. Cows grazed Elephant grass and they were supplemented with different kinds of concentrates which differed in the carbohydrate source as follows: ground dry corn (MG), citrus pulp plus ground dry corn (MP), citrus pulp (PC) and high moisture corn (MU). Cows that consumed high moisture corn showed higher forage intake (9,75 kg of DM), followed by cows that consumed citrus pulp plus ground dry corn (8,8 kg of DM), citrus pulp (8,59 kg of DM) and ground dry corn (7,21 kg of DM). There was no difference between treatments neither in total milk production corrected for 3,5% or in milk production corrected for solids. Cows fed with ground dry corn and high moisture corn showed higher levels of milk protein and milk total solids ( $p < 0,05$ ) and cows fed citrus pulp showed higher levels of milk fat ( $p < 0,01$ ). Cows fed high moisture corn showed higher concentrations of propionate ( $p < 0,01$ ) and a lower relation acetate: propionate ( $p < 0,05$ ) in ruminal fluid. Cows that consumed high moisture corn showed lower levels of milk urea nitrogen ( $p < 0,05$ ). The lack of positive statistical response in cows consuming high moisture corn could be caused by the limited production potential of grazing systems as well as the genetic merit of the animals involved in this study or by heat stress suffered. In systems where milk payment does not have a defined economical value any of the carbohydrates sources tested could be used.

**KEYWORDS.** Elephant grass, high moisture corn, ruminal fermentation, citrus pulp, dairy cows.

## 1. INTRODUÇÃO

A agricultura nacional tem apresentado padrão de crescimento notável nos últimos anos, resultado de um cenário econômico e de mercado favoráveis e que têm permitido ao país alcançar patamares de produção e exportação nunca antes atingidos. Nesse contexto, a pecuária tem papel de destaque, razão pela qual, observa-se interesse crescente pelo desenvolvimento de novas tecnologias e uso de pastagens para a produção de produtos mais competitivos e de qualidade (Sila, 2005).

A produção de leite em pasto está associada à redução de custos financeiros, redução de doenças como mastites, cetoses e partos distócicos, e aumento dos teores de ácido linoléico conjugado (CLA), conhecido como um anticancerígeno encontrado nos produtos alimentícios originados de animais ruminantes (Gehman et al. 2005).

O manejo intensivo das pastagens permite conseguir aumentos da produção por área e a utilização correta dos alimentos concentrados. Apresenta-se como instrumento potente para aumentar a produtividade do sistema, devido ao impacto na produção individual da vaca, ao aumento na lotação da pastagem e conseqüentemente, na produção de leite por área (Santos et al., 2008).

No mundo tropical, a maioria do leite produzido tem origem nos sistemas de produção que utilizam gramíneas que não conseguem atender as exigências nutricionais de animais com produções superiores a 10-12 kg leite / dia. Nestas condições o uso de alimentos concentrados passa a representar fração significativa da dieta animal e dos custos financeiros das explorações, o que leva a busca de alternativas que permitam melhorar a competitividade dos sistemas.

Os processos de fermentação na ensilagem de grãos úmidos de milho aumentam a digestibilidade do amido, podendo melhorar a produção e composição do leite em vacas

mantidas em pastagem, manejada intensivamente.

O objetivo deste estudo foi avaliar os efeitos da silagem de grão úmido de milho e da substituição parcial ou total de milho seco por polpa de citrus sobre a digestibilidade, fermentação ruminal, produção e composição do leite em vacas mantidas em pastagem de capim elefante, manejada intensivamente.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Produção de leite em pasto

A competitividade (entendida como a capacidade de gerar produto de qualidade a baixo custo), a qualidade, a eficácia, o crescimento e a sustentabilidade são atributos correlacionados e devem ser o objetivo primordial da atividade leiteira. Para atingir esses objetivos, algumas estratégias básicas têm-se destacado e, entre elas, a produção de leite em pasto é uma das principais ferramentas para reduzir custos e aumentar a produtividade (Vilela et al., 2006). O uso de pastagens como principal fonte de alimento para produção de ruminantes é altamente recomendável, pois as condições ambientais contribuem para o menor custo da forragem.

Cowan et al. (1993), Alvim et al. (1996) e Vilela et al. (1996) trabalhando com vacas holandesas e Deresz et al. (1994) trabalhando com vacas Holandês x Zebu, conseguiram produções diárias de leite de 12-14 kg/vaca, em pastagens sem suplementação com alimentos concentrados. Esses níveis de produção de leite com forrageiras tropicais estão próximos do limite máximo obtido com vacas de bom potencial genético, que corresponde a produções por lactação ao redor de 4.500 kg (Deresz, 2001).

As pastagens só atendem às exigências nutricionais de algumas categorias animais (Brância et al., 2003) assim como de animais com limitado nível de produção. Segundo

Leite e Euclides (1994), o valor nutritivo de uma espécie forrageira é influenciado pela fertilidade do solo, condições climáticas, idade fisiológica e manejo a que está submetida. Além disso, pode ser avaliada pela digestibilidade e pelos teores de proteína bruta e parede celular, características estreitamente relacionadas com o consumo de matéria seca. O baixo valor nutritivo das forrageiras está associado ao reduzido teor de proteína bruta e de minerais e ao alto conteúdo de fibra com baixa digestibilidade da matéria seca (Van Soest, 1994), características comumente observadas nas pastagens tropicais.

Ultimamente, existe grande demanda por informações sobre o uso de gramíneas tropicais manejadas em sistema de pastejo rotativo para produção de leite e carne como o capim-elefante (*Pennisetum purpureum Schum.*), gramínea perene, de alto potencial de produção de forragem adaptada às condições climáticas predominantes em quase todo o país (Deresz, 2001).

## 2.2 Fontes de carboidratos

Segundo Hall and Van Horn (2001), na nutrição de ruminantes, a classificação mais recente dos carboidratos os distingue como fibrosos (CF) e não fibrosos (CNF), em função de sua composição química. Os CF incluem a celulose e a hemicelulose (encontrados principalmente nas forragens) e representam os componentes do alimento que requerem sistemas enzimáticos de origem microbiana para digestão, tendo lenta velocidade de degradação no rúmen. Os CNF representam as frações mais rapidamente degradadas no rúmen, incluindo pectina (ex: polpa citrus e de beterraba), amidos (ex: milho, sorgo, cevada e trigo) e açúcares (ex: cana-de-açúcar e melão).

O amido é um carboidrato de reserva das plantas, normalmente encontrado em sementes e raízes e em menores concentrações, nas folhas e colmos (Nocek e Tamminga, 1991). Os grânulos de amido são compostos, principalmente, pelos

polissacarídeos amilopectina (moléculas de glicose com ligações  $\alpha$ -1-4 e  $\alpha$ -1-6) e amilose (moléculas de glicose com ligações  $\alpha$ -1-4). As proporções entre estes compostos variam entre espécies e variedades de grãos (Rooney e Pflugfelder, 1986), influenciando a taxa de degradação e a digestibilidade do amido. Ou seja, a digestibilidade do amido é inversamente proporcional ao teor de amilose. Desta forma fontes de amido com maiores teores de amilopectina, como o grão de milho imaturo, podem apresentar maior digestibilidade (Jobim et al., 2003).

A estrutura dos grãos reflete sua função biológica: proteção e transporte do embrião, fonte energética para a germinação e crescimento inicial da planta. O pericarpo envolve o embrião como também o endosperma que contém a maior quantidade do amido. No endosperma, o amido está presente na forma de grânulos envolvidos por uma matriz protéica (Kotarski et al., 1992).

As variedades de milho podem ser classificadas, segundo sua textura, como duras ou dentadas. As variedades dentadas têm menores densidades, maior proporção de amilopectina e amido mais poroso e macio, enquanto, as variedades duras têm endosperma mais duro e cristalino que ocupa a maior parte do grão (Fornasieri Filho, 1992). Portanto, variedades de milho e sorgo macio contêm mais amilopectina e menores concentrações de matrizes protéicas que as variedades duras (Knowlton et al., 1998).

No Brasil e na maioria dos países tropicais é mais difundido o uso de variedades de milho duras, devido ao desconhecimento por parte dos produtores das vantagens nutricionais das variedades de milho dentadas.

A polpa cítrica é um importante subproduto da indústria de citrus, proveniente principalmente do processamento da laranja, para extração do suco. A contribuição de subprodutos resultantes da indústria alimentícia para as dietas de ruminantes nos dias atuais é significativa, principalmente, em regiões próximas às indústrias e quando o

suprimento de grãos é escasso ou seus preços são elevados.

A polpa de citrus possui altas concentrações de carboidratos solúveis (xilose, manose, galactose, ramnose, arabinose, glicose e ácidos urônicos) e um carboidrato estrutural denominado pectina (25% da matéria seca), constituído por polímeros lineares compostos de resíduos de ácido 1,4  $\beta$ -D-galacturônico esterificado, unido mediante ligações glicosídicas do tipo  $\alpha$  1-4 (Voragem et al., 1993; citados por Moreira, 2005), os quais apresentam alta degradabilidade ruminal (Santos et al., 2008).

As pectinas são encontradas primordialmente na lamela média e na parede primária da célula vegetal, participando como cimento da membrana. Quando comparada ao milho, a polpa de citrus peletizada é um material com teor muito baixo de amido em sua composição, com valores entre 0,1 e 0,14% (Deaville et al., 1994) e alto teor em FDN (fibra solúvel em detergente neutro), com 24,2% da matéria seca (NRC, 2001).

### **2.3 Fermentação ruminal dos carboidratos**

A composição química, características físicas e as cinéticas de digestão, determinadas pelo padrão de fermentação ruminal, afetam o consumo, a digestão dos alimentos, a disponibilidade de nutrientes para a síntese de leite e também a saúde animal (Rabelo, 2003).

Durante a fermentação ruminal, a população de microrganismos, principalmente, bactérias, fermenta os carboidratos e produz energia, gases (metano e dióxido de carbono), calor e ácidos graxos voláteis (em média 65% de acético, 20% de propiônico e 15% de butírico) em dietas com maior proporção de forragens. Em dietas com altas proporções de concentrados, as porcentagens de ácido acético podem reduzir-se para 40%, enquanto o ácido propiônico pode elevar-se para 40%. Estes ácidos influenciam fortemente a produção do leite, a porcentagem de gordura

no leite e a eficiência da conversão alimentar (Wattiaux, 1998).

O ciclo glicolítico de Embden-Myerhof constitui a principal rota de catabolismo dos carboidratos adotada pelos microrganismos ruminais (Van Houtert, 1993).

Kotarski et al (1992) identificaram 15 classes de bactérias amidolíticas e caracterizaram oito enzimas amidolíticas produzidas por elas. Estas bactérias se aderem ao amido e hidrolisam as ligações  $\alpha$ -1-4 e  $\alpha$ -1-6 da amilose e da amilopectina até produzir maltose. A maltose é depois degradada até glicose 1-fosfato e piruvato. As bactérias celulolíticas produzem celulasas extracelular e outras enzimas que degradam celulose e hemicelulose a oligossacarídeos e, finalmente, a glicose, glicose 6-fosfato, frutose 6-fosfato e triose fosfato. As pectinas e a hemicelulose são primeiro degradadas a xilose e a outras pentoses. A maior proporção destas pentoses envolve a posterior síntese de hexoses. Estas hexoses e triose fosfatos são dificilmente detectadas no rúmen, devido à sua rápida transformação em piruvato. O piruvato é depois convertido em acetato, propionato e butirato. A formação de propionato a partir do piruvato é independente da formação de butirato e acetato, e pode ser sintetizado por meio do succinato ou do acrilato, conforme o animal esteja consumindo, respectivamente, alta ou baixa proporção de forragem na dieta (Bergman, 1990).

Os protozoários ruminais possuem papel importante na ingestão e digestão dos grânulos de amido; por isso a taxa de digestibilidade do amido no rúmen aumenta quando estes são eliminados. Os fungos, ao contrário, conseguem facilitar a ação das bactérias melhorando a utilização do amido pelas lesões que causam nas superfícies dos tecidos das plantas (Mendoza et al., 1993).

Os carboidratos não fibrosos elevam a densidade energética das dietas, o que resulta em aumento no aporte energético,

determinando a produção de proteína microbiana ruminal (Wattiaux, 1998).

A taxa de absorção de amônia por ruminantes sugere que a disponibilidade de energia ou falta de sincronia entre os oferecimentos de energia e nitrogênio, limitam o uso do nitrogênio disponível pelos microrganismos ruminais (Huntington, 1997).

A otimização do crescimento microbiano pode ser a mais lógica estratégia para suprir os requerimentos de aminoácidos das vacas leiteiras, já que a proteína microbiana é de grande qualidade (Buttery et al., 1985, citados por Aldrich et al., 1993) e porque os produtos finais da fermentação ruminal conseguem fornecer a maior parte dos requisitos energéticos dos ruminantes (Sutton, 1985).

Um balanço entre nitrogênio e suplemento energético deve ser encontrado visando otimizar a produção de proteína bacteriana e melhorar a digestibilidade e a produção de ácidos graxos voláteis (Van Hourtert, 1993).

## **2.4 Absorção no intestino delgado e metabolismo**

A digestão do amido no intestino delgado parece ser limitada no ruminante por vários fatores, como deficiência de enzimas pancreáticas, poucos lugares de absorção, alta taxa de passagem e pH muito alto para essa função. Esta digestão é feita pela  $\alpha$ -amilase secretada pelo pâncreas e oligosacaridasas secretadas pela mucosa intestinal. A  $\alpha$ -amilase hidrolisa as moléculas de amido a oligossacarídeos, maltose e isomaltose. A glicose é então absorvida diretamente via veia porta. Embora exista a teoria sugerindo que o amido é mais eficientemente utilizado quando é digerido no intestino delgado e absorvido como glicose, os estudos de produção com grãos processados indicam decisivamente que o amido de grãos é utilizado melhor quando é amplamente fermentado no rúmen (Huntington, 1994).

A glicose é essencial no metabolismo das células. Especialmente no metabolismo do sistema nervoso central, células do sangue, espermatozoides, glândula mamária, útero, feto, músculo e tecido adiposo (Bergman, 1990). A principal fonte de carbono para a síntese hepática da glicose são os ácidos orgânicos originados da fermentação ruminal (propionato e lactato), os esqueletos de carbono provenientes dos aminoácidos desaminados e o glicerol proveniente da quebra dos triglicérides. O fígado do ruminante remove essencialmente todos os ácidos graxos voláteis de 3, 4 e 5 carbonos que chegam no sangue portal. Estudos com isótopos têm mostrado que o propionato da fermentação ruminal supre de 43 a 67% do carbono usado para sínteses da glicose no fígado, e o lactato em torno de 12% (Huntington, 1994).

## **2.5 Processamento de grãos**

Os processamentos dos grãos aumentam a digestibilidade do amido por expor os grânulos ao ataque das bactérias ruminais (Huntington, 1997). Todos os grãos com seu pericarpo intacto são resistentes à digestão nos ruminantes (Mc Allister et al., 1990).

A fermentação ruminal do amido é afetada pela espécie vegetal, as formas físicas dos grãos, o tamanho de partícula, a gelatinização do amido, as quantidades e solubilidades das matrizes protéicas do endosperma e a presença de inibidores como os taninos (Rooney e Pflugfelder, 1986). A moagem diminui o tamanho dos grãos, aumentando a área disponível para ação dos microrganismos e, conseqüentemente, melhorando a taxa de fermentação. Grãos como trigo, cevada, sorgo ou milho têm diferenças muito grandes na quantidade e solubilidades de suas matrizes protéicas que afetam dramaticamente as taxas de fermentação. A cevada e o trigo têm menores concentrações e maiores solubilidades das matrizes do endosperma do que sorgo e o milho (Allen, 2001).

Dentro de uma mesma linhagem, resultados com sorgo e milho mostraram que variedades macias têm maiores taxas e extensão da digestibilidade que variedades duras, e são mais eficientes na conversão alimentar (Huntington, 1997).

Os processamentos com alta umidade provocam proteólises das matrizes protéicas e aumentam a solubilidade das proteínas do endosperma causando aumento da acessibilidade dos microrganismos e das taxas de digestão do amido (Allen, 2001). Os processos que envolvem alta umidade podem ser feitos com ou sem a aplicação de calor. Eles incluem imersão na água (“soaking”), moagem com vapor (“steam rolling”), expansão (“exploding”) ou a ensilagem dos grãos úmidos moídos (San Emeterio, 1998). As altas umidades e temperaturas também provocam gelatinização do amido, o que eleva a digestibilidade no intestino delgado. Embora a gelatinização do amido pelo aquecimento possa favorecer a sua digestibilidade, isso dificilmente ocorrerá em condições normais de ensilagem de grãos úmidos. Isto porque, segundo Colonna et al. (1989), a gelatinização do amido do milho começa à temperatura de 62°C e termina em 72°C, temperaturas que não são atingidas durante a ensilagem. Portanto, além da própria composição do amido do grão úmido, contribuição adicional para maior digestibilidade pode ser por ação dos ácidos da silagem, pois, segundo Rooney e Pflugfelder (1986), o amido pode ser gelatinizado pela ação de agentes químicos (Jobim et al., 2003).

Na silagem de grão úmido, os grãos de milho ou sorgo são colhidos com umidade que oscila entre 32 e 36%, com mínimo de 26 e máximo de 40% (Jobim et al., 2003). Imediatamente depois da colheita, os grãos são moídos, armazenados e compactados em silos de superfície, trincheira ou tipo cisterna.

Outras vantagens apresentadas pelo processamento da silagem de grão úmido estão o baixo custo de armazenamento, a colheita antecipada da cultura, as poucas

perdas dos grãos por fungos e pragas (ratos, insetos, etc) e a não vinculação do seu preço ao mercado atual. As desvantagens apresentadas pela silagem de grão úmido são a dificuldade da comercialização do produto e o fato de que as dietas para o rebanho leiteiro devem ser feitas diariamente.

Muitos trabalhos têm apresentado aumentos na digestibilidade ruminal para o milho úmido de 9,5% (75,3 ± 7,9% para 84,8 ± 4%) e para sorgo úmido de 21,3% (51,9 ± 23% para 73,2%) (Huntington, 1994). O sorgo apresenta maiores respostas aos processamentos devido, em parte, a possuir maior porcentagem de matriz protéica nos grânulos de amido.

Aldrich et al (1993) forneceram suplementos para vacas leiteiras com milho úmido ou milho seco. Observaram aumento na digestibilidade ruminal do amido de 11,4% nas dietas com milho úmido (79,4%) em relação ao milho seco (68,6%).

Stock et al. (1987) demonstraram aumento da digestibilidade total do amido de 3% quando compararam milho úmido com milho seco e de 5% quando compararam sorgo úmido com sorgo seco, mas com diminuição na digestibilidade no intestino delgado de 10% e 7%, respectivamente. Comparando também associações de milho úmido e sorgo seco com controle de milho seco e sorgo seco, encontraram aumentos na digestibilidade ruminal de 13% e na digestibilidade total de 3%, quando se utilizou o milho úmido, assim como uma diminuição dos problemas de acidoses.

Pesquisas na Universidade de Nebraska (Stock et al, 1987, 1990, 1991; citados por Huntington, 1994) compararam várias classes de grãos úmidos de milho entre eles e com milho e sorgo secos na alimentação de novilhas. Grãos úmidos de milho aumentaram ganhos de peso em média 7,5%.

Experimentos feitos por Knowlton et al. (1998) com silagem de milho úmido, encontraram aumento na digestibilidade no

rúmen e no intestino delgado que ocasionaram aumentos na produção de 2 kg/dia de leite.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS:

#### 3.1. Local, período e fatores edafoclimáticos

O experimento foi desenvolvido entre os dias 25 de novembro de 2006 a 22 de fevereiro de 2007, no setor de bovinocultura de leite da Fazenda Experimental Hélio Barbosa, de propriedade da Universidade Federal de Minas Gerais (850 m de altitude, 20°04'30" de latitude sul, 44°20'80" de longitude oeste), no município de Igarapé, MG.

O clima é caracterizado por duas estações bem definidas: período seco, de abril a setembro e período chuvoso, de outubro a março. Os piquetes onde foi desenvolvido o experimento encontravam-se em terreno com declive suave ondulado.

Os dados climáticos durante o período pré-experimental e experimental se encontram na Tabela 1.

Tabela 1. Dados climáticos nos períodos pré-experimental e experimental.

Mês	Chuvas (mm) <sup>1</sup>	Temperatura (°C) <sup>1</sup>		
		Média	Máx.	Mín.
Novembro	343,60	22,10	22,60	19,42
Dezembro	388,80	23,00	27,35	20,00
Janeiro	350,90	22,10	27,60	20,30
Fevereiro	171,30	22,10	27,80	20,20
Média	301,10	22,80	27,34	19,98

<sup>1</sup> Fonte: INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) – 5° distrito (aproximadamente 50 km da fazenda).

#### 3.2. Animais e delineamento estatístico

Foram utilizadas 12 vacas da raça Holandês, sendo oito multíparas (com 26,2 ± 7,5 kg

leite/dia, 73,1 ± 22,7 dias em lactação e 532 kg de peso vivo no início do experimento) e quatro primíparas (com 22,5 ± 3,2 kg leite/dia, 76,2 ± 30,3 dias em lactação e 416 kg de peso vivo no início do experimento).

Os animais foram distribuídos aleatoriamente em três quadrados latinos (4 x 4), sendo as multíparas distribuídas em dois quadrados e as primíparas em outro. Um dos quadrados das multíparas foi constituído de vacas fistuladas no rúmen, para o estudo da fermentação ruminal.

Os tratamentos consistiram da substituição parcial ou total do milho grão seco moído na mistura de concentrados e foram designados MG (concentrado com milho grão seco moído), MP (concentrado com milho seco moído mais polpa de citrus), PC (concentrado com polpa de citrus) e MU (concentrado com silagem de grão úmido de milho).

Os quadrados latinos foram simultâneos e os períodos com duração de 21 dias cada, sendo 14 dias de adaptação e 7 dias de coletas.

### 3.3 Alimentos

#### 3.3.1 Volumoso

A forragem foi constituída por pastagem de capim-elefante (*Pennisetum purpureum Schum*), manejado em 11 piquetes com, aproximadamente, 2.150 m<sup>2</sup> cada um, sendo rotacionados com período de ocupação de dois a três dias e 18 a 31 dias de intervalo de desfolha, conforme disponibilidade e altura da forragem. Ao início do experimento o capim encontrava-se a uma altura aproximada de dois metros. Esta altura foi reduzindo-se conforme foi transcorrendo o pastejo dos animais.

A taxa de lotação média foi de 5,6 UA / ha. Os piquetes contavam com corredores de acesso a áreas de descanso com água e sal mineralizado.



A disponibilidade da forragem foi estimada uma vez por semana, antes da entrada dos animais nos piquetes pelo método direto de corte, simulando o pastejo, em três touceiras representativas de cada piquete, das quais a primeira representou as de porte baixo, a segunda, as de porte médio e a terceira, as de porte alto. O material foi picado manualmente e retirada uma amostra, a qual foi colocada em saco, identificada e congelada (-10°C) para posteriores análises. O peso médio (matéria seca) do material das três touceiras multiplicado pelo número de touceiras contadas em 49 m<sup>2</sup> foi usado para a estimativa de disponibilidade de forragem (Aroeira et al., 1999).

Foram feitas adubações de manutenção equivalentes a 230 kg N / ha durante o período do experimento (84 dias), o que correspondeu a 100 kg de uréia por piquete, após a saída dos animais.

Para análises da forragem no 1°, 3°, 5°, 8°, 10°, 12°, 15°, 17°, 19° e 20° dia de cada período experimental, foram coletadas amostras de oito pontos diferentes dentro de cada piquete pelo método direto de corte, simulando o pastejo dos animais (estrato pastejável). As amostras foram picadas manualmente, identificadas e congeladas (-10°C). Ao final do experimento foram pré-secadas em estufa com ventilação forçada regulada a 60 ±5 °C por 72 horas e determinou-se o teor de matéria pré-seca. Em seguida as amostras foram moídas em moinho dotado de peneira com crivos de 1 mm de diâmetro. Posteriormente, foi feita uma amostra composta por período experimental, e análises dos teores de matéria seca (MS) em estufa a 105 °C (Lenkeit e Becker, 1956), proteína bruta (PB) pelo método Kjeldahl (A.O.A.C., 1995), digestibilidade “in vitro” da MS (DIVMS) pelo método de Tilley e Terry (1963), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) de acordo com Van Soest et al. (1991), lignina, nitrogênio aderido

ao FDA (NIDA), extrato etéreo (EE) e determinação de cinzas em mufla a 600 °C, de acordo com A.O.A.C (1990). Todas as análises das forragens foram feitas no Laboratório de Nutrição Animal da Escola de Veterinária da UFMG.

### 3.3.2 Concentrados

Quatro concentrados isoprotéicos foram formulados variando-se a fonte principal de carboidratos (Tabela 2).

O grão úmido de milho (variedade Pioneer® 30K75) foi coletado com 34% de umidade, moído em moinho dotado de peneira de 3 mm de diâmetro, inoculado (inoculante Christian Hansen®), compactado e armazenado em silo tipo “búnker”. Depois foi transferido e compactado em tambores com capacidade de 200 litros para posterior mistura e fornecimento aos animais.

No tratamento MU, a silagem de grão úmido de milho foi misturada no momento do fornecimento com o restante dos ingredientes.

### 3.4 Coletas e análises:

#### 3.4.1 Estimativa do consumo do pasto de capim elefante e da digestibilidade aparente

O consumo individual diário de MS de forragem foi estimado a partir da digestibilidade da dieta e produção fecal (PF).

Consumo de forragem (kg de matéria seca)=  
 $PF_{ce} \times 100 / (100 - DIVMS \text{ do capim})$ ; onde,

$$PF_{ce} = PF_t - PF_c$$

PF<sub>ce</sub> = Produção fecal referente ao consumo do capim elefante

PF<sub>t</sub> = Produção fecal total

Tabela 2. Porcentagem dos ingredientes e composição dos concentrados com milho grão seco moído (MG), milho grão seco moído mais polpa de citrus (MP), polpa de citrus (PC) e silagem de grão úmido de milho (UM)

	<i>Concentrados</i>			
	MG	MP	PC	MU
Ingredientes (% na matéria seca)				
Farelo de soja	29,30	31,1	35,1	29,4
Milho seco moído	65,20	32,2		
Polpa de citrus moída		32,4	60,07	
Silagem grão úmido				65,2
Premix Mineral <sup>1</sup>	4,30	3,1	4,3	4,3
Bicabornato de sódio	1,20	1,2	1,2	1,2
Cloreto do sódio	0,55	0,76	0,46	0,46
Composição %				
MS <sup>2</sup>	86,1	86,9	87,2	74,3
PB <sup>3</sup>	20,4	21,8	21,3	19,6
FDN <sup>4</sup>	10,8	15,9	20,5	10,1
FDA <sup>5</sup>	5,5	12,2	18,4	4,9
EE <sup>6</sup>	3,5	4,1	3,3	4,4
DIVMS <sup>7</sup>	80,5	84,7	83,7	93,2
Cinzas	9,0	8,5	10,8	9,0

<sup>1</sup> Premix mineral: Ca 17%, P 16,36%, Mg 3%, S 5%, Co 200 ppm, Cu 2000 ppm, I 180 ppm, Mn 2500 ppm, Se 130 ppm, Zn 6000 ppm.

<sup>2</sup> Matéria seca

<sup>3</sup> Proteína bruta

<sup>4</sup> Fibra em detergente neutro

<sup>5</sup> Fibra em detergente ácido

<sup>6</sup> Extrato etéreo

<sup>7</sup> Digestibilidade *In Vitro* da matéria seca

Tabela 3. Quantidade de concentrado, em matéria natural, oferecido diariamente a cada vaca.

<i>Concentrado</i>	<i>Horário</i>			Total
	06:30	12:30	15:30	
MS (kg)	3,50	2,15	3,50	9,15
MP (kg)	3,50	2,30	3,50	9,30
PC (kg)	3,50	2,50	3,50	9,50
MU (kg)	4,25	2,40	4,25	10,90

PFc= Produção fecal referente ao consumo do concentrado

Para obtenção da PFt foi utilizado óxido crômico como indicador externo, fornecido em doses de 8 g / vaca, duas vezes ao dia, introduzidas pela boca dos animais com

auxílio de uma sonda esofágica, após alimentação com concentrado pela manhã e pela tarde, durante nove dias consecutivos, do 9º ao 17º dia de cada período experimental.  
 PFt = Óxido crômico ingerido (g / dia) / Óxido crômico excretado (g / g de matéria seca de fezes)

$PFc = \text{Consumo de concentrado (kg MS / vaca / dia)} \times (100 - \text{DIVMS do concentrado})$ .

A coleta de fezes, em torno de 500 g/animal/dia, para análise de excreção do indicador, foi realizada quatro vezes ao dia (6:30; 10:30; 15:30 e 19:30 horas) após defecação espontânea ou diretamente na ampola retal das vacas, do 14º ao 18º dia de cada período experimental e foram estocadas, identificadas e congeladas (-10°C). Após o término do experimento, as fezes foram pré-secas e moídas em moinho dotado de peneira com crivos de 1 mm de diâmetro e, posteriormente, secas em estufa regulada para 105°C para determinação da matéria seca total. Posteriormente, estas amostras foram analisadas em equipamento de absorção atômica para determinação da concentração do óxido crômico, conforme as metodologias descritas por Williams et al. (1962).

Para estimar a digestibilidade aparente (DA) foram utilizados os dados de produção fecal total (PFt) e consumo total de matéria seca (CMS), onde:

$$DA = (CMS - PFt) * 100 / CMS$$

### 3.4.2 Produção e composição do leite

A produção do leite (PL) foi medida diariamente do 15º ao 19º dias de cada período experimental, e no 18º e 19º dias, foram coletadas amostras de 40 ml de leite, em quatro ordenhas consecutivas.

As vacas foram ordenhadas duas vezes ao dia (06h00min e 15h00min) e para pesagem e coleta do leite foram utilizados medidores de leite ("milk meters" – tru-test Ltd, Auckland, New Zealand). Nas amostras foram adicionados 8 mg de bromopol® para conservação e posterior análises de proteínas, gorduras, sólidos totais e nitrogênio uréico (NUL).

Os teores de gordura, proteína e sólidos totais foram analisados pela técnica de absorção do comprimento de onda na região do infravermelho, em equipamento Bentley 2000

no Laboratório de Análise da Qualidade do Leite UFMG. As concentrações de nitrogênio ureico no leite (NUL) foram analisadas pelo teste enzimático colorimétrico em equipamento Bentley Chemspec 150 na Clínica do Leite, ESALQ, USP.

Foram feitas correções de produção de leite para 3,5% de gordura (PL 3,5G) e para sólidos totais (PL ST), segundo o NRC (2001):

$$PL\ 3,5G = (0,35 \times PL) + (16,2 \times PG)$$

$$PL\ ST = (12,3 \times PG) + (6,56 \times P\ SNG) - (0,0752 \times PL)$$

PL = Produção de leite (kg)

PG = Produção de gordura (kg)

P SNG = Produção de sólidos não gordurosos (kg)

### 3.4.3 Determinação das concentrações dos derivados de purinas

As concentrações dos derivados de purinas (ácido úrico e alantoína) excretados na urina foram determinadas segundo método indireto descrito por Broderick e Merchen (1992).

Durante, o 18º dia de cada período experimental, foram coletadas amostras de urina de cada animal, quatro horas depois da primeira e da segunda alimentação. Uma alíquota de 5 ml de cada amostra foi diluída em 45 ml de uma solução contendo ácido sulfúrico (0,036 N), identificada e armazenada (-10°C).

Ao final do experimento, as amostras foram descongeladas para elaboração de uma amostra composta por vaca, por período, para quantificação dos derivados de purinas (ácido úrico e alantoína) e creatinina para estimação do volume urinário.

As concentrações de creatinina e ácido úrico foram determinadas com "kits" comerciais (Labtest ®), pelo método do ponto final e analisadas por colorimetria a 510 e 520 nm, respectivamente. A determinação das concentrações de alantoína foram feita segundo a técnica descrita por Chen e Gomes

(1992) e analisadas por colorimetria a 522 nm.

#### **3.4.4 Avaliação da fermentação ruminal**

Para determinação do pH e das concentrações de nitrogênio amoniacal (N-NH<sub>3</sub>), e ácidos graxos voláteis (AGV) no fluido ruminal, foram utilizadas quatro vacas fistuladas no rúmen.

As amostras de fluido ruminal foram coletadas manualmente no 20º dia de cada período experimental, diretamente da fistula ruminal, no saco ventral, e filtradas em camada dupla de gaze. Os tempos de coleta foram 0, 2, 3, 6, 9, 12, 14, 15, 18, 21 e 24 horas após o fornecimento da primeira suplementação pela manhã.

A medida do pH foi realizada no momento das coletas de líquido ruminal, utilizando-se potenciômetro digital de bolso (PHTEK®, modelo pH 100).

Amostras de 50 ml de fluido ruminal foram acidificadas com 1 ml de ácido sulfúrico (50%) e armazenadas a -10°C para futuras análises de amônia (N-NH<sub>3</sub>), no Laboratório de Nutrição Animal da EV-UFGM. Outra alíquota de 8 ml de fluido ruminal foi conservada em 2 ml de ácido metafosfórico (25%) e armazenada (-10°C), para posteriores análises dos AGV (acético, propiónico e butírico), no mesmo laboratório.

Ao final do experimento, as amostras foram descongeladas em temperatura ambiente, sendo as concentrações de N-NH<sub>3</sub> obtidas através de destilação com óxido de magnésio, utilizando-se ácido bórico como solução receptora, e ácido clorídrico (0,0120 N) na titulação.

A concentrações dos AGV foram determinadas após a centrifugação do líquido ruminal em centrífuga Sorvall RC-5B-Refrigerated Superspeed Centrifuge (Du Pont Instruments ®) a 5000 r.p.m por 10 minutos e 10°C através de cromatografia gasosa num

cromatógrafo de fase gasosa marca Shimadzu ® modelo GC - 17ª com autoinjeter Shimadzu ® CBM -101, acoplado a um microcomputador com software class-GC 10 versão 1,61. Os AGV foram separados por uma coluna Nukol TM capilar de sílica fundida (10 m x 0,25 mm x 0,25 mm Film Thickness Supelco, INC., Bellefonte, PA).

#### **3.4.5 Degradabilidade in situ:**

A degradabilidade *in situ* dos concentrados e da forragem foi realizada utilizando-se quatro vacas da raça holandês múltiparas fistuladas no rúmen, mantidas em pastagem de capim elefante suplementado com 6kg/dia de concentrado, parcelado em duas vezes.

Foram avaliadas as degradabilidades ruminais das amostras compostas de capim elefante, correspondentes a cada período experimental, e dos quatro concentrados experimentais: com milho grão seco moído (MG), polpa de citrus (PC), milho grão seco moído mais polpa de citrus (MP) e silagem de grão úmido de milho (MU). As amostras de capim elefante foram pré-secas, durante 48 horas, em estufa de ventilação forçada regulada a 60°C e moídas em moinho dotado de peneiras de 5mm de crivo. Posteriormente, cinco gramas de cada alimento foram incubados em sacos de náilon de 12,0 cm de altura e 9,5 cm de largura (43,8 mg de amostra/cm<sup>2</sup>), com poros de 50µm e ancorados em uma corrente. Os tempos avaliados foram: 0, 3, 6, 12 e 24 horas para os concentrados e 0, 6, 12, 24, 48 e 96 horas para a forragem. O tempo zero não foi incubado no rúmen. Os saquinhos foram, em sua totalidade, incubados por ocasião do fornecimento da alimentação da manhã e retirados nos tempos descritos anteriormente. Imediatamente após a retirada, os sacos foram lavados em água fria, identificados e armazenados a -10°C.

Para estimativa da degradabilidade *in situ*, ao final do experimento, os sacos foram descongelados à temperatura ambiente, lavados em máquina de lavar, até que a água saísse límpida. Após a lavagem, os mesmos foram secos em estufa de ventilação forçada

regulada a 60°C, por 72 horas, transferidos para um dessecador por 30 minutos e pesados.

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

Os parâmetros de digestibilidade ruminal *in situ* da MS foram estimados pelo processo iterativo do algoritmo Marquardt, com auxílio do procedimento para modelos não-lineares (PROC NLIN) do SAS (1985) para cada um dos alimentos avaliados (forragens e concentrados), a partir da utilização conjunta dos dados das quatro repetições disponíveis (animais), obtendo, portanto, valores médios para caracterizar as referidas condições estudadas.

Os dados das degradações parciais foram ajustados, segundo a equação proposta por Mehrez & Ørskov (1977) e modificada por Sampaio (1988), cuja expressão é:

$$\text{Deg}(t) = (A - B * e^{-c * t}) \quad \text{para } t > L$$

Onde: “A” (%) corresponde à fração potencialmente degradável; “B” (%) à fração potencialmente degradável sob ação microbiana, se não houvesse *lag-time* ou tempo de colonização (L, horas); e “c” (%/hora) a taxa constante de degradação da fração potencialmente degradável por ação da microbiota.

Os tempos de colonização foram calculados à semelhança de Figueira (1991), sendo que, posteriormente, e quando necessário, os parâmetros da equação (Sampaio, 1988) foram novamente estimados sem os dados referentes aos tempos de incubação inferiores ao *lag-time* calculado.

As determinações das degradabilidades efetivas (DE, %) foram feitas de acordo com

o modelo proposto por Ørskov e McDonald (1979), qual seja:

$$DE = S + ((B1 * c) / (c + k1)),$$

Onde “S” (%) corresponde à fração solúvel mais partículas com tamanho reduzido que atravessam os poros do náilon; “B1” (%) à fração potencialmente degradável por ação da microbiota (A – S); e “k1” às taxas de passagem ruminal de 2; 5; e 8%/hora, estabelecidas segundo recomendações do ARC (1984).

### 3.4.6. Análises estatísticas

As análises estatísticas para consumo, produção e composição do leite e excreção de derivados de purinas foram executadas pelo modelo misto do SAS 6.12 (Proc Mixed) para Quadrado Latino (SAS, 1989), com análise de contrastes, segundo o modelo:

$$Y_{ijkl} = \mu + S_i + P_j + V_k(i) + T_l + PT_{jl} + E_{ijkl}$$

$Y_{ijkl}$  = observação do quadrado i, no período j, da vaca k, do tratamento l.

$\mu$  = média geral;

$S_i$  = efeito do quadrado i

$P_j$  = efeito do período j,

$V_k(i)$  = efeito da vaca k (dentro do quadrado i);

$T_l$  = efeito do tratamento l;

$E_{ijkl}$  = variação aleatória atribuída ao quadrado i, no período j, da vaca k, no tratamento l.

A análise estatística para o estudo da fermentação ruminal foi realizada pelo modelo misto para QL do SAS 6,12 (Proc Mixed) com parcelas subdivididas e análise de contrastes, segundo o modelo:

$$Y_{ijklm} = \mu + S_i + P_j + V_k(i) + T_l + PT_{(jl)} + E_{1ijkl} + Z_m + Z_{Tml} + E_{2ijklm}$$

$Y_{ijklm}$  = observação do quadrado i, no período j, da vaca k, do tratamento l, no tempo m.

$\mu$  = Média geral

$S_i$  = efeito do quadrado i;

P<sub>j</sub> = efeito do período j;  
 V<sub>k</sub> (i) = efeito da vaca k dentro do quadrado i;  
 T<sub>l</sub> = Efeito do tratamento l;  
 e<sub>ijkl</sub> = erro aleatório atribuído á parcela do quadrado i, período j, vaca k, no tratamento l.  
 Z<sub>m</sub> = efeito do tempo de avaliação m;  
 ZT<sub>ml</sub> = interação entre tempo m e tratamento l;  
 e<sub>ijklm</sub> = erro aleatório atribuído à subparcela do quadrado i, no período j, da vaca k, no tratamento l, do tempo m.

#### 4.1 Disponibilidade e composição do volumoso

A disponibilidade e oferta por vaca de matéria seca de capim elefante estão apresentadas na Tabela 4.

A composição do pasto de capim elefante por período experimental está apresentada na Tabela 5.

### 4.RESULTADOS E DISCUSSÃO

Tabela 4. Piquete, mês de utilização, área, períodos de ocupação (PO), disponibilidade de matéria seca por hectare (MS/ha) e oferta de matéria seca por vaca por dia (MS/vaca/dia) do capim elefante sob pastejo.

<i>Piquete</i>	<i>Mês</i>	<i>Área (m<sup>2</sup>)</i>	<i>PO (dias)</i>	<i>MS (ha) kg</i>	<i>MS/vaca/dia (kg)</i>
22	dezembro	2323	2	4.207	37,6
17	dezembro	2300	2	2.242	19,9
28	dezembro	2450	3	2.084	21,3
45	dezembro	2303	3	2.071	12,2
46	dezembro	2107	2	1.508	13,2
31	janeiro	2450	2	1.644	15,5
43	janeiro	2303	2	3.757	33,3
27	janeiro	2250	3	5.231	30,8
44	janeiro	1384	2	3.833	20,4
33	fevereiro	1955	3	4.152	20,8
27	fevereiro	2250	2	2.182	18,9
37	fevereiro	2268	3	3.655	21,3
Média				3.047	22,9

A disponibilidade média estimada de capim elefante durante o período experimental foi de 3.047 kg de MS/ha. Tal disponibilidade é considerada alta comparada aos 1165 kg de MS/ha relatados por Andrade e Gomide (1971) em pastejos com intervalos de 28 dias, próxima aos 2.299 e 2.483 kg de MS/ha, relatados por Soares et al. (1999) e Deresz et al. (2006), respectivamente, e inferior aos 3.853 kg de MS/ha observados por Deresz et al. (2003). Estas diferenças são devidas, principalmente às condições climáticas ocorridas durante cada estudo, aos diferentes

períodos de descanso utilizados e aos diferentes níveis de adubação e fertilidade dos solos.

A oferta de forragem de 22,86 kg de MS/vaca/dia estimada neste estudo, está dentro da disponibilidade recomendada por Bargo et al. (2003) para gramíneas de clima temperado, de duas vezes o consumo de forragem esperado pelos animais e por Mott (1984), para gramíneas tropicais, onde a oferta não deve ser inferior a 4-6% do peso vivo dos animais para não ter redução do

Tabela 5. Teores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), lignina, nitrogênio aderido a FDA (NIDA), extrato etéreo (EE), cinzas e digestibilidade “in vitro” da matéria seca (DIVMS) do capim elefante sob pastejo, segundo o período experimental.

	<i>MS<sup>1</sup></i>	<i>PB<sup>1</sup></i>	<i>FDN<sup>1</sup></i>	<i>FDA<sup>1</sup></i>	<i>Lignina<sup>1</sup></i>	<i>NIDA<sup>2</sup></i>	<i>EE<sup>1</sup></i>	<i>Cinzas</i>	<i>DIVMS<sup>1</sup></i>
1	15,48	10,98	69,24	35,48	2,67	12,36	4,49	11,04	62,63
2	13,85	16,65	64,83	33,85	3,53	9,28	4,82	11,76	69,23
3	14,54	17,97	67,06	34,24	2,28	8,45	5,62	11,04	71,23
4	17,1	19,41	66,15	31,82	2,44	9,08	6,38	9,76	72,27
Média	15,24	16	66,82	33,85	2,73	9,79	5,33	10,9	68,84

<sup>1</sup> Porcentagem na matéria seca

<sup>2</sup> Porcentagem do nitrogênio na matéria seca

consumo.

Deresz et al. (2006), em piquetes rotacionados de capim elefante, observaram oferta média de forragem de 20,7 kg de MS/vaca/dia para vacas mestiças leiteiras. Segundo os autores, estes valores não limitaram o consumo de MS dos animais.

Menores ofertas foram observadas por Lopes et al. (2003) e Deresz et al. (2001) de 12,1 e 12,5 kg MS/vaca/dia em pastagem de capim-elefante para mestiças Holandês x Zebu com diferentes períodos de descanso. Nestes estudos não foi possível observar se esta disponibilidade de forragem causou diminuição no consumo e produção de leite, devido a que todos os animais tiveram as mesmas ofertas individuais.

O teor médio de matéria seca de 15,24% é próprio da gramínea manejada com intervalo de desfolha curto (média de 25 dias). Passos et al. (1999), encontraram teores de matéria seca de 17,9%. Pereira (2005) encontrou teores de 19,6% em capim elefante pastejado com intervalos de desfolha médios de 37,1 dias.

O teor médio de PB na pastagem variou no decorrer do experimento de 10,98 a 19,41% da MS, coincidindo com as adubações nitrogenadas na pastagem, a redução da altura ao pastejo e a idade das plantas. Na maioria das gramíneas tropicais, o conteúdo de PB na matéria seca produzida está diretamente

relacionado com aplicações de quantidades crescentes de nitrogênio (Alvim et al., 1999). Passos et al. (1999), Martinez (2004), Pereira (2005), Voltolini (2006) e Carareto (2007), observaram teores médios de 14,3%, 13,7%, 13,9%, 12% e 20,6% de PB na MS, respectivamente, para capim elefante manejado sob pastejo rotacionado.

O teor médio de FDN de 66,82% na matéria seca foi superior aos 51% relatados por Passos et al. (1999), próximos aos 64,98% observados por Voltolini (2006), aos 66,1% observados por Pereira (2005) e aos 63,2% e 62,9% observados por Carareto (2007) e Martinez (2004) respectivamente.

A DIVMS de 68,84% foi menor que os 84,6% observados por Gehman et al. (2006) em gramíneas de clima temperado, porém é considerado um teor bom para gramíneas tropicais. Segundo Deresz (2001), DIVMS iguais ou superiores a 65,9%, são suficientes para atender às exigências de manutença e produção de vacas leiteiras mestiças Holandesas x Zebu com potencial de produção de leite no início da lactação de 15 kg por dia. Passos et al. (1999) encontraram valores de 65,6%. Voltolini (2006) encontrou valores de 77% em capim-elefante pastejado a 1,72 m de altura, com intervalo superior a 35 dias. Pereira (2005) encontrou valores médios de 67,4% enquanto que Deresz et al. (2006) e Nunes et al. (2007), valores de 63,77% e 53,7%, respectivamente. Neste

último estudo, o capim foi pastejado com um período de descanso de 42 dias.

O teor de NIDA foi diminuindo no decorrer do experimento, devido a melhoria da qualidade da forragem (aumento na porcentagem de PB e diminuição da porcentagem de FDN, FDA e lignina).

O teor médio de cinzas de 10,9%, embora menor aos dados encontrados por Voltolini (2006), de 15,7 % e próximos aos 8% relatados por Santos et al. (2008), é considerado alto e pode estar relacionado ao nível de sílica e outros minerais encontrados no solo.

#### 4.2. Consumo de volumoso e de concentrados e digestibilidade aparente

O fator determinante que limita a produção de leite de vacas mantidas exclusivamente em pastagens tropicais não é o teor de energia ou proteína dessas plantas e sim a capacidade de ingestão de matéria seca de forragem (Santos et al., 2008).

Os consumos de matéria seca e matéria orgânica total de capim elefante, e dos concentrados, estão apresentados na Tabela 6 e a estimativa de digestibilidade aparente está apresentada na Tabela 6.

Tabela 6. Ingestão de MS (matéria seca), MO (matéria orgânica), fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) de vacas em lactação em pastagem de capim elefante suplementado com diferentes fontes de carboidratos na

	<i>Concentrado<sup>1</sup></i>				EPM <sup>2</sup>	<i>Contrastes</i>		
	MG	MP	PC	MU		MGxMU	MGxPC	MPx(MG+PC)
Ingestão, kg MS/dia								
Concentrado	7,70	7,70	7,40	7,40	0,08	0,24	0,29	0,44
Capim elefante	7,20	8,80	8,60	9,70	0,26	< 0,01	0,05	0,13
FDN	5,50	6,70	6,30	6,40	19,00	0,06	1,10	0,04
Total de MS	14,90	16,50	16,00	17,10	0,27	< 0,01	0,11	0,10
Total de MO	13,40	14,90	14,30	15,00	0,22	< 0,01	0,17	0,06
Ingestão, % peso vivo								
Concentrado	1,56	1,57	1,51	1,46	0,02	0,11	0,03	0,41
Capim elefante	1,47	1,80	1,74	1,94	0,05	< 0,01	0,24	0,13
FDN	1,15	1,39	1,30	1,31	0,04	0,07	0,08	0,03
Total	3,08	3,40	3,31	3,43	0,05	<0,01	0,10	0,09

mistura de concentrados.

<sup>1</sup> MG (milho grão seco moído); MP (milho grão seco moído mais polpa de citrus); PC (polpa de citrus); MU (silagem de grão úmido de milho); <sup>2</sup> EPM = Erro padrão da média

Tabela 7. Digestibilidade aparente da matéria seca (DA da MS) da dieta de vacas em lactação em pastagem de capim elefante suplementada com diferentes fontes de carboidratos na mistura de concentrados

	<i>Concentrado<sup>1</sup></i>				EPM <sup>2</sup>	<i>Contrastes</i>		
	MG	MP	PC	MU		MGxMU	MGxPC	MPx(MG+PC)
DA da MS (%)	75,00	76,60	75,90	79,00	0,11	< 0,01	< 0,01	< 0,01

<sup>1</sup> MG (milho grão seco moído); MP (milho grão seco moído mais polpa de citrus); PC (polpa de citrus); MU (silagem de grão úmido de milho); <sup>2</sup> EPM = Erro padrão da média



O consumo de matéria seca de concentrado não diferiu ( $p>0,05$ ) entre as diferentes fontes de carboidratos.

O consumo médio total de matéria seca das vacas (16,33 kg/dia) foi menor que o consumo relatado por Santos et al. (2003), que encontraram consumos médios de 11,70 kg de pasto e 18,15 kg de matéria seca total para vacas com produção média de 22,78 kg de leite/dia.

O consumo de matéria seca de pasto de capim elefante e, por conseguinte o consumo de matéria seca total foi influenciado pelas fontes de carboidratos. Vacas que receberam concentrado MU consumiram mais pasto de capim elefante (9,75 kg/MS) e mais MS total (17,11 kg/MS) que vacas que receberam milho grão seco moído: 7,21 kg de MS de capim e 14,88 kg de MS total ( $p<0,05$ ). Vacas que receberam polpa de citrus e polpa de citrus misturada com milho grão seco moído, não apresentaram diferenças ( $p>0,05$ ) no consumo total. No entanto, vacas suplementadas com PC consumiram mais pasto (1,38 kg/MS) do que as que receberam o concentrado MG. Vacas que consumiram MU tenderam a consumir mais MS de forragem do que as do tratamento PC ( $p=0,087$ ).

Pieroni et al. (1999) observaram aumento no consumo de forragem pastejada, quando a silagem de grão úmido de sorgo substituiu o sorgo seco na alimentação de vacas pastejando gramíneas de clima temperado e Leiva et al. (2000) também encontraram aumento numérico ( $p>0,05$ ) quando vacas confinadas consumiram grão úmido de milho no lugar de polpa de citrus (21,4 vs 20,9 kg dia/MS).

Reis et al. (2001) trabalhando com vacas holandesas pastejando gramíneas de clima temperado e produzindo, em média, 26 kg de leite/dia, não encontraram diferenças no consumo total de matéria seca quando compararam suplemento concentrado com milho grão seco moído com suplemento com

silagem de grão úmido de milho (20,6 e 19,9 kg dia/MS, respectivamente).

Wilkerson et al. (1997) trabalhando em sistema de alimentação TMR (dieta total), utilizando como volumoso silagem de alfalfa e em um ambiente controlado (16°C de temperatura e 66% de umidade relativa do ar), também não encontraram diferenças ( $p>0,05$ ) no consumo de matéria seca quando compararam milho grão seco moído com grão úmido de milho fornecidos no concentrado (24,9 e 24,1 kg dia/MS, respectivamente).

Já Oba et al. (2003) encontraram redução no consumo ( $p<0,05$ ) de matéria seca total, quando substituíram o milho seco pela silagem de grão úmido de milho em dietas de vacas holandesas com alta porcentagem de amido (33 %/MS), mas não encontraram diferenças ( $p>0,05$ ) quando o grão úmido substituiu o grão seco em dietas de baixa porcentagem de amido (21 %/MS).

Knowlton et al. (1998) também encontraram diminuição de 1,1 kg no consumo de matéria seca quando a silagem de grão úmido de milho substituiu o milho seco moído no concentrado de vacas confinadas (20,7 e 21,8 kg dia/MS, respectivamente).

O comportamento ingestivo dos animais é controlado pelo estímulo de receptores de tensão no rúmen que são, por sua vez, estimulados pela alta produção de propionato (Oba et al., 2003).

É esperado que a maior degradação do amido em dietas com silagem de grão úmido de milho possa aumentar a produtividade das vacas leiteiras, sempre que estas dietas forem consideradas baixas na concentração de amido (<30% na MS); mas também é possível que as silagens de grão úmido possam diminuir o consumo e a produtividade de vacas leiteiras, se estas estiverem consumindo dietas com alta proporção de amido (>30% na MS), devido a um excesso de fermentação no rúmen e uma diminuição na degradação da fibra devido a

uma queda no pH que poderia comprometer a ação das bactérias celulolíticas.

Nos diferentes tratamentos, a porcentagem de amido consumido pelas vacas não ultrapassou 24% da matéria seca total, o que poderia explicar em parte, porque o consumo não foi deprimido nas vacas que consumiram silagem de grão úmido de milho. Além disso, a alta porcentagem de fração solúvel adicionada à textura e fina granulométrica observadas nas amostras deste concentrado ocasionou perdas do material dos saquinhos utilizados na técnica de estimativa de DIVMS, levando a possíveis superestimativas desta e, por conseguinte, superestimativas no consumo de capim-elefante nestes animais.

As diferentes respostas encontradas ao aumentar a digestibilidade ruminal do amido de diversos experimentos revisados, podem ser resultado da fermentação das dietas basais e dos requerimentos de energia dos animais durante os estudos (Allen, 2000).

As vacas que receberam suplementação com polpa de citrus apresentaram maior consumo de pasto que as vacas que consumiram milho grão seco moído. A suplementação com concentrados fibrosos pode ter ocasionado um ambiente ruminal mais adequado para aumentar a digestibilidade da fibra da forragem o que pode ter diminuído o tempo de retenção desta e, por conseguinte, aumentado o consumo de pasto. Bargo et al. (2003) sugeriram que a substituição de fontes de amido por concentrados fibrosos, poderia aumentar o pH ruminal, aumentar a digestão da forragem, com consequente aumento do consumo. Diferente resultado foi observado neste estudo, onde vacas que consumiram polpa de citrus apresentaram menores valores médios de pH ruminal, mas que, aparentemente não conseguiram afetar a digestibilidade da forragem.

Moreira (2005) pela técnica *in vitro* observou maior produção de gases em substratos inoculados de pasto de capim elefante, quando estes foram acrescidos com

concentrados tendo como base polpa de citrus o que indicou fermentação mais rápida.

Vários trabalhos substituíram milho seco por polpa de citrus na alimentação de vacas pastejando gramíneas de clima temperado.

Meijs (1986), Sayers (1999) e Gehman et al. (2006) observaram aumento no consumo de pasto quando compararam a suplementação concentrada com base polpa de citrus com milho seco, em vacas pastejando gramíneas de clima temperado.

Do mesmo modo, Clark e Armentano (1997) observaram aumento no consumo de matéria seca quando a polpa de beterraba substituiu 33% o milho seco moído (24,6 e 23,1 kg/MS, respectivamente) em dietas de vacas confinadas tendo como volumosa silagem de alfalfa.

Já Delahoy et al. (2003) não encontraram diferenças no consumo de forragem nem no consumo total, quando a polpa de citrus substituiu em 25 % o milho seco moído em vacas leiteiras pastejando gramíneas de clima temperado (20,3 e 20,2 kg/MS, respectivamente).

Solomon et al. (2000) também não encontraram diferenças no consumo quando a polpa de citrus substituiu o milho seco na alimentação de vacas leiteiras.

Utilizando sistema de alimentação TMR e substituindo milho seco por polpa de citrus na alimentação de vacas leiteiras usando como volumosa silagem de milho, Santos et al. (2001) não observaram diferença no consumo de matéria seca (50% de substituição).

Voelker et al. (2003) em sistema de alimentação TMR e utilizando como volumosa silagem de milho associado à silagem de alfalfa, também não encontraram redução de consumo total de matéria seca (média de 24,9 kg), quando polpa de beterraba substituiu o milho em até 33%. Mas encontrou redução de 2 kg/dia ( $p < 0,05$ ), quando esta substituiu o milho em 66%.

Do mesmo modo Mansfield et al. (1994) trabalhando em sistema de alimentação TMR e utilizando como volumoso silagem de milho associada a feno de alfalfa, encontraram diminuição ( $p < 0,05$ ) de 1,2 kg de matéria seca no consumo total quando a polpa de beterraba substituiu o milho seco em uma proporção de 50%.

Leiva et al. (2000) também encontraram diminuição no consumo de matéria seca quando a polpa de citrus substituiu o milho seco (18,9 e 19,5 kg de matéria seca, respectivamente).

O baixo consumo total médio observado neste experimento pode ser explicado principalmente pelo estresse calórico próprio dos meses de janeiro e fevereiro e ao déficit de disponibilidade de sombra observado nas áreas de descanso dos piquetes onde pastejaram as vacas, que ocasionou notável diminuição no consumo de pasto durante o dia.

Segundo Santos et al. (2003) e Passos et al. (1999), o consumo de forragem de vacas mantidas exclusivamente em pasto é, em média, respectivamente, 2,34% e 2,6% do peso vivo, o que equivaleria a um consumo médio de 12,20 kg de MS/dia para vacas de 494 kg de peso, aproximadamente.

O consumo médio de capim elefante e de concentrado neste estudo foi de 8,59 e 7,54 kg de matéria seca, respectivamente. Tomando como base os consumos revisados por Santos et al. (2003) e Passos et al. (1999) de vacas leiteiras consumindo exclusivamente forragem, este estudo apresentou taxa de substituição (TS) média de 0,480 kg/MS de forragem por cada kg/MS de concentrado ingerido, variando desde 0,650 kg para as vacas que consumiram milho seco, 0,485 e 0,442 kg para as que consumiram polpa de citrus e polpa de citrus mais milho seco, respectivamente, até 0,333 kg para as vacas que consumiram silagem de milho de alta umidade.

Santos et al. (2003) relataram para forragens tropicais TS médias de 0,32 kg/MS de forragem por cada kg de concentrado, havendo grande variação entre esses dados. A TS é variável em função da quantidade e composição do suplemento fornecido, bem como do valor nutritivo da forragem. As forragens de baixo valor nutritivo sofrem menor efeito de substituição em comparação com forragem de alto valor nutritivo (Minson, 1990); por conseguinte, a alta TS média estimada neste experimento (0,480), indica, além do estresse calórico, uma forragem de boa qualidade o que concorda com as análises de DIVMS (média de 68,84%).

Hillesheim (1987) encontrou taxas de substituição de 0,409 para novilhas da raça Holandês pastejando capim-elefante, enquanto que, Aroeira et al. (1999) não observaram efeito da suplementação de vacas mestiças, com 2,5 kg de concentrado, sobre o consumo de MS de capim-elefante.

Meijs (1986) trabalhando com gramíneas temperadas encontrou TS maior quando utilizou concentrados com alta porcentagem de amido que quando utilizou concentrados com alta porcentagem de pectinas (0,450 e 0,210, respectivamente) o que coincide com o estimado neste experimento, onde as vacas que consumiram milho seco tiveram maior TS que as vacas que consumiram só polpa de citrus ou polpa de citrus misturada com milho seco.

Tem sido hipotetizado que as diferenças entre as TS são devidas a efeitos associativos no rúmen (Dixon e Stockdale, 1999; citados por Bargo et al., 2003).

A baixa TS estimada no tratamento MU (0,333) pode ser explicada pela grande DIVMS (93,16%) que levou a uma possível super estimativa de consumo da forragem nestes animais.

Estudos relatados por Bargo et al. (2003) em forragens de clima temperado, indicaram que quando a oferta de pastagem é baixa a TS é,

em média, 0,20 kg (0 até 0,32 kg) e que quando a oferta de capim é alta a TS é, em média, 0,62 kg (0,55 até 0,69 kg).

No presente estudo, a oferta de forragem estimada em 22,9 kg de MS/vaca/dia, é considerada alta e concorda com a TS observada por Bargo et al (2003) para gramíneas de clima temperado, onde altas ofertas de forragem devem causar TS elevadas.

Para estudos com pastagens tropicais o conforto dos animais e a qualidade da forragem podem influenciar mais a TS e o consumo total de matéria seca do que a oferta da forragem.

O efeito do tipo de concentrado na TS mostra resultados contraditórios e inconsistentes que podem ser devidos a diferenças nas fontes e proporções do amido e da fibra que determinam taxas de degradações ruminais diferentes (Bargo et al., 2003).

### 4.3 Produção e composição do leite

Os carboidratos são as mais importantes fontes de energia e os principais precursores de gordura e lactose, essenciais para a produção de leite (Wattiaux, 1998).

A produção e composição do leite e a eficiência de nutrientes, estão apresentadas na Tabela 8.

As produções de leite totais, corrigidas para 3,5% de gordura e para sólidos não foram diferentes ( $P>0,05$ ) entre os diferentes tratamentos e apresentaram médias de 21,9; 20,1 e 19,35 kg/dia, respectivamente.

As produções de gordura não foram diferentes entre os tratamentos ( $p>0,05$ ). No entanto, as produções de proteína dos tratamentos MG e MU tenderam a serem maiores se comparados às com polpa de citrus ( $p=0,11$  e  $p=0,15$ , respectivamente).

A porcentagem de gordura foi maior ( $p<0,05$ ) para as vacas que receberam polpa de citrus em substituição ao milho grão seco moído e silagem de grão úmido de milho que pode ser explicado pelo maior consumo de fibra, menor produção de propionato e maior proporção molar acetato/propionato observado nestes animais ( $p<0,05$ ).

A porcentagem de gordura do leite é influenciada por vários fatores inter-relacionados, como a quantidade e a qualidade da fibra, a relação volumoso:concentrado e o local e a taxa de degradação dos carboidratos não- estruturais, principalmente o amido. O acetato é o principal precursor para a síntese de ácidos graxos da glândula mamária para manter o teor de gordura do leite. Dietas com alta proporção de carboidratos fermentáveis, (milho seco ou silagem de grão úmido de milho) e baixa de forragem causam redução neste teor (Mattos, 2005).

As vacas que receberam milho grão seco moído e silagem de grão úmido de milho, apresentaram maiores porcentagem de proteína comparado com as vacas que receberam polpa de citrus.

A excreção de proteína no leite é dependente do fluxo de proteína no intestino delgado. A principal fonte de proteína para o intestino delgado é a proteína microbiana, majoritariamente das bactérias ruminais. Quanto mais aminoácidos forem absorvidos, mais substrato haverá para a síntese de caseínas e proteínas do leite (Mattos, 2005). A síntese de proteína microbiana é dependente da disponibilidade de energia e esqueletos de carbono durante o metabolismo ruminal de carboidratos (Hall & Herejk, 2001). Carboidratos rapidamente fermentáveis como o amido, têm sido associados com maior conteúdo de proteína no leite devido à maior energia disponível e maior quantidade de propionato e proteína microbiana produzida (Jenkins et al., 2005). Dietas que são pobremente fermentadas

Tabela 8. Produção e composição do leite e eficiência de nutrientes de vacas leiteiras em pastagem de capim elefante suplementada com diferentes fontes de carboidratos

	<i>Concentrado<sup>1</sup></i>					<i>Contrates</i>		
	MG	MP	PC	MU	EPM <sup>2</sup>	MGxMU	MGxPC	MPx(MG+PC)
Leite, kg/dia	22,40	21,00	21,60	22,50	0,38	0,88	0,38	0,26
LCG <sup>3</sup> 3,5	20,20	19,40	20,40	20,40	0,38	0,90	0,97	0,32
LCS <sup>4</sup>	19,50	18,80	19,40	19,70	0,34	0,97	0,86	0,38
Gordura, %	3,34	3,49	3,59	3,33	0,03	0,86	0,01	0,85
Gordura, kg/dia	0,76	0,74	0,78	0,77	0,02	0,94	0,62	0,37
Proteína	2,96	2,96	2,88	2,95	0,01	0,90	0,04	0,19
Proteína, kg/dia	0,66	0,62	0,62	0,66	0,01	0,89	0,11	0,43
Sólidos, %	11,51	11,69	11,71	11,54	0,03	0,65	0,03	0,31
Sólidos, Kg/dia	2,57	2,46	2,52	2,60	0,04	0,96	0,62	0,38
Leite/CMS <sup>5</sup> total	1,53	1,29	1,35	1,32	0,03	< 0,01	0,03	0,03
Leite/CMS conc.	2,93	2,72	2,89	3,10	0,06	0,42	0,79	0,15
Leite/CMS capim	3,30	2,52	2,60	2,34	0,09	< 0,01	< 0,01	0,05
LCS/CMS total	1,33	1,15	1,21	1,16	0,03	0,02	0,11	0,06
LCG/CMS total	1,37	1,18	1,26	1,19	0,03	0,02	0,17	0,06
Proteína (kg/dia) CPB <sup>6</sup>	0,24	0,20	0,20	0,22	0,01	0,09	< 0,01	0,02
NUL <sup>7</sup> (mg/dl)	16,28	17,21	16,73	15,32	0,22	0,06	0,44	0,16

<sup>1</sup> MG (milho grão seco moído); MP (milho grão seco moído mais polpa de citrus); PC (polpa de citrus); MU (silagem de grão úmido de milho)

<sup>2</sup> EPM = Erro padrão da média

<sup>3</sup> Leite corrigido para gordura

<sup>4</sup> Leite corrigido para sólidos totais

<sup>5</sup> Consumo matéria seca

<sup>6</sup> Consumo de proteína bruta

<sup>7</sup> Nitrogênio uréico no leite

diminuem a produção microbiana e os precursores para a produção de glicose e lactose no leite (Allen, 2001).

A eficiência nutricional para leite corrigido para sólidos e corrigido para 3,5 % de gordura por cada kg de matéria seca total consumida, foi maior nas vacas que consumiram milho grão seco moído que nas que consumiram silagem de grão úmido de milho ( $p < 0,05$ ) podendo ser explicado pela possível superestimação de consumo da forragem dos animais que tiveram silagem de grão úmido de milho como suplemento.

A concentração de NUL foi menor nas vacas que consumiram silagem de grão úmido de milho comparada com as que receberam

polpa de citrus ( $p < 0,011$ ) e milho grão seco moído ( $p < 0,06$ ).

O excesso de amônia produzido no rúmen é absorvido e transportado no sangue até o fígado e os rins, onde é transformado em uréia. Parte da uréia circulante no sangue volta ao rúmen via saliva. A uréia é muito menos tóxica no sangue que a amônia. A uréia é também um constituinte normal da fração nitrogenada não protéica do leite. As concentrações de uréia no sangue estão altamente relacionadas com as concentrações de NUL (Bucholtz et al., 2007).

Um alto conteúdo de NUL pode ser explicado pela menor energia de liberação dentro do rúmen que limitaria o uso do nitrogênio produzido na fermentação ruminal e

ocasionaria aumento na absorção de amônia. Sutton et al. (1987), relataram menor digestibilidade do nitrogênio, grande digestibilidade da FDN e similar digestibilidade da matéria orgânica quando vacas lactantes foram alimentadas com carboidratos fibrosos de alta degradabilidade (polpa de citrus ou de beterraba) comparadas com alimentos ricos em amido. Aparentemente as dietas com maior quantidade de amido de alta disponibilidade, têm melhor utilização do nitrogênio.

Vacas que consumiram silagem de grão úmido apresentaram menores valores de NUL (15,32 mg/dl), podendo indicar que utilizaram mais eficientemente o nitrogênio. A estimação da concentração média de NUL pode ser utilizada para ajudar a determinar o nível de proteína ótimo das dietas e saber a eficácia com que está sendo utilizado o nitrogênio oriundo dessa proteína (Broderick et al., 1990). Segundo Ferguson (1999) e Grant et al. (2007) o valor médio de NUL num rebanho leiteiro deve estar entre 10-14 mg/dl ou 12-16 mg/dl, respectivamente. Valores médios acima de 16 mg/dl, indicariam deficiência na fermentação de CNF, excesso de proteína na dieta, e/ou desequilíbrio entre as disponibilidades de energia e nitrogênio dentro do rúmen (Grant, 2005) e poderiam estar correlacionados a problemas de fertilidade (Staples et al., 1993; Tamminga, 1992).

A utilização de dietas com teores excessivos de PB (concentrados com PB >16% e forragens com PB >12%) resultam em teores altos de N-uréico no plasma e no leite. Isto pode prejudicar o desempenho reprodutivo das vacas e aumentar as exigências em energia uma vez que são necessárias 13,3 kcal de energia digestível para excretar um grama de N (Santos et al., 2008).

Neste estudo, a porcentagem média de proteína no leite em todos os tratamentos (2,94%) foi baixa e o NUL alto (com exceção das vacas que consumiram grão úmido de milho), devido possivelmente, ao elevado teor de proteína das dietas (>17%) e ao pouco

espaçamento entre o oferecimento dos diferentes concentrados durante o dia (06h30min 12h30min e 15h30min horas), período no qual os animais apresentaram baixo consumo de forragem.

Embora vacas que consumiram a silagem de grão úmido de milho tenham apresentado produção de leite numericamente maior (total, LCG e LCS), a ausência de resposta ao processamento do milho pode ser causada pelo limitado potencial de produção próprio dos sistemas de produção a pasto, pelo mérito genético dos animais e pelo estresse calórico sofrido por estes animais devido à ausência de sombra e às temperaturas e umidades relativas do ar apresentadas nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro (Tabela 1), que segundo o índice de temperatura e umidade (Thom, 1959) indicaram que os animais encontravam-se sob estresse térmico.

Da mesma maneira, Soriano et al. (2000), Reis et al. (2001) e Delahoy et al. (2003), não encontraram diferenças na produção e composição do leite quando suplementaram vacas pastejando gramíneas de clima temperado com milho processado de diferentes maneiras (milho seco moído ou quebrado, milho úmido grosso, milho úmido moído ou milho floculado).

Broderick et al. (2002) não observaram diferenças na produção e na composição do leite, nem na eficiência alimentar quando a silagem de grão úmido de milho substituiu o milho seco em dietas para vacas confinadas; segundo os autores, a digestão pós ruminal do amido no tratamento com milho seco, compensou a alta digestibilidade ruminal apresentada nas vacas que consumiram milho úmido.

Oba et al. (2003) não encontraram diferenças ( $p>0,05$ ) na produção nem na composição do leite utilizando milho seco ou silagem de grão úmido de milho em dietas para vacas leiteiras com baixa porcentagem de amido (21% da matéria seca); mas observaram diminuição ( $p<0,05$ ) na produção de leite e de gordura quando a silagem de grão úmido substituiu ao

milho seco em dietas com alta porcentagem de amido (33%).

Wilkerson et al. (1997) trabalhando em ambiente controlado (16°C de temperatura e 65% de umidade no ar) e em sistema de alimentação TMR, compararam grão de milho seco (grosso e moído) com silagem de grão úmido de milho (grosso e moído). Eles encontraram maior produção de leite ( $p < 0,10$ ) e proteína ( $p < 0,05$ ), quando as silagens de grão úmido substituíram aos milhos secos. É importante ressaltar neste experimento, que as vacas que consumiram grão úmido de milho apresentaram maior produção de calor metabólico (36,95 vs. 35 Mcal / dia).

Knowlton et al. (1998) em um experimento com um delineamento similar ao experimento de Wilkerson et al. (1997), comparando também milho seco com silagem de grão úmido de milho, ambos com diferentes formas de processamento (moído e grosso) e em sistema de produção comercial, não encontraram diferenças ( $p > 0,05$ ) na produção nem na composição do leite. Os autores explicaram não ter tido diferenças na produção de leite a favor dos tratamentos com grão úmido, devido às altas temperaturas ambientais durante o transcurso do experimento que ocasionaram alto estresse calórico nos animais.

Wu et al. (2001) observaram em vacas pastejando gramíneas de clima temperado, maior produção do leite mas com diminuição na porcentagem de gordura ( $p < 0,05$ ), quando substituíram milho seco quebrado por silagem de grão úmido de milho (22,9 kg leite / dia vs. 20,5 kg / leite / dia). O LCG não foi diferente entre os tratamentos ( $p > 0,05$ ).

San Emeterio (1998) observou que vacas alimentadas com silagem de grãos úmidos produziram mais leite (39,8 kg/dia) e proteína (3,11 kg/dia) em relação às vacas que receberam grãos secos de milho (38,0 kg de leite e 3,08 kg de proteína/dia) na dieta.

Wilkerson et al. (1997) também observaram maior produção de leite (2,6 kg/dia) e

proteína (0,08 kg/dia) quando utilizaram silagem de grãos úmidos de milho.

Com relação à substituição de milho por polpa de citrus, Martinez (2004) não observou diferenças na produção e composição do leite assim como na eficiência nutricional, quando substituiu o milho seco por polpa de citrus em diferentes proporções (25, 50 e 75%) em vacas pastejando capim elefante.

Delahoy et al. (2003) e Gehman et al. (2005), observaram diminuição na porcentagem de proteína quando substituíram milho seco por polpa de citrus em vacas pastejando gramíneas de clima temperado.

Mansfield et al. (1994) e Voelker et al. (2003), encontraram menor porcentagem de proteína ( $p < 0,05$ ) e maior porcentagem de gordura, mas sem diferenças em suas produções diárias ( $p > 0,05$ ), em vacas confinadas, quando a polpa de beterraba substituiu ao milho seco em várias proporções.

Solomon et al. (2000), Broderick et al. (2002) e Leiva et al. (2000) observaram menores porcentagens de proteína e gordura, quando a polpa de citrus substituiu as fontes de amido (milho seco ou a silagem de grão úmido de milho), em vacas confinadas. Estes últimos autores encontraram maiores concentrações de NUL.

Clark e Armentano (1997) e Santos et al. (2001) não observaram diferença ( $p > 0,05$ ) na produção de leite nem na porcentagem de proteína do leite, quando a polpa de citrus substituiu milho seco ou floculado em dietas TMR. Neste último trabalho foi observado aumento significativo na produção de gordura ( $p < 0,05$ ).

Hristov et al. (2003) substituíram cevada por milho seco associado com polpa de citrus em vacas confinadas, e não observaram diferenças na produção nem na composição do leite.

Segundo Ekinici e Broderick (1997), o processamento dos grãos melhora a digestibilidade ruminal, mas nem sempre a produção do leite. Muitos fatores como genética, época de parição e clima, podem limitar a produção de leite e a síntese de proteína microbiana no rúmen.

#### 4.4 Parâmetros de fermentação ruminal

A principal função dos carboidratos é o fornecimento de energia para microrganismos ruminais e para o ruminante.

Os valores médios de pH e as concentrações médias de AGV totais, acetato, propionato, butirato e N-amoniacal e a relação acetato/propionato do conteúdo ruminal, podem ser observados na Tabela 9.

Vacas suplementadas com silagem de grão úmido de milho apresentaram pH médio do rúmen inferior aos observados nas suplementadas com MG ( $p < 0,01$ ), MP ( $p < 0,05$ ) e PC ( $p < 0,05$ ). Da mesma forma, vacas suplementadas com PC apresentaram pH médio ruminal inferior às com MG ( $p < 0,01$ ).

O comportamento do pH ruminal no período de 24 horas, pode ser observado na Figura 1.

Tabela 9. Valores médios de pH, concentrações médias de AGV totais, acetato, propionato, butirato e N-amoniacal, relação acetato/propionato do fluido ruminal de vacas em lactação em pastagem de capim elefante suplementada com diferentes fontes de carboidratos

	Concentrados <sup>1</sup>				EPM <sup>2</sup>	Contrastes		
	MG	MP	PC	MU		MGxMU	MGxPC	MPx(MG+PC)
pH	6,37	6,23	6,27	6,17	0,01	< 0,01	0,01	< 0,01
Acetato (mM)	104,80	119,80	92,80	105,20	0,21	0,95	0,05	< 0,01
Propionato (mM)	37,20	40,60	31,50	42,90	0,07	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Butirato (mM)	7,80	9,40	6,60	7,70	0,02	0,83	< 0,01	< 0,01
AGV totais (mM)	149,90	169,90	131,10	155,80	0,28	0,45	0,20	< 0,01
Relação acet/prop	2,86	2,92	3,07	2,57	0,05	0,04	0,14	0,73
N -amoniacal (mg/dl)	20,80	18,60	16,85	17,11	0,34	< 0,01	< 0,01	0,79

<sup>1</sup> MG (milho grão seco moído); MP (milho grão seco moído mais polpa de citrus); PC (polpa de citrus); MU (silagem de grão úmido de milho)

<sup>2</sup> EPM = Erro padrão da média

Os valores de pH em função do tempo transcorrido depois das suplementações concentradas, apresentam o comportamento típico de fermentação ruminal pós-alimentação. O menor valor médio para os diferentes tratamentos foi observado 12 horas depois da primeira alimentação do dia.

As vacas que consumiram silagem de grão úmido de milho, apresentaram queda mais rápida de pH em relação aos outros animais, indicando fermentação mais acentuada no rúmen. Também, apresentaram menor valor médio de pH (6,17), com valor máximo de

6,43 e mínimo de 5,80. As vacas que consumiram milho grão seco moído apresentaram o maior valor médio (6,37), com valor máximo de 6,58 e mínimo de 6,13. As vacas que receberam polpa de citrus (MP e PC), apresentaram valor intermédio de pH (6,24), com valor máximo de 6,65 e mínimo de 5,98. Todos os valores mínimos foram apresentados nas 18h30min horas do dia, três horas depois do terceiro fornecimento de concentrado e refletem boa condição ruminal para fermentação e não caracterização de acidoses, excetuando as vacas que consumiram grão úmido. Vacas em pastejo,



em geral, têm eficiente poder de tamponamento no rúmen.

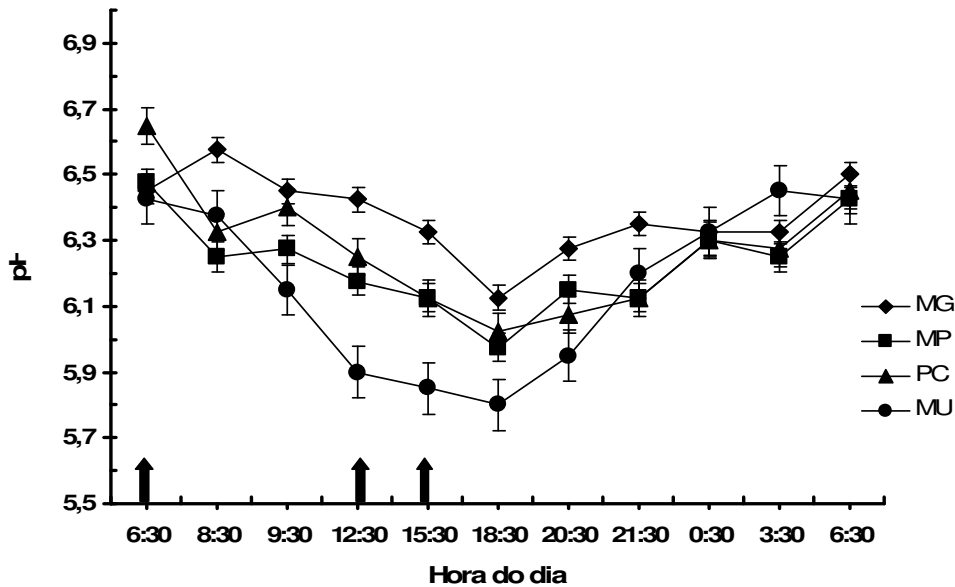


Figura 1. pH ruminal em função do tempo após a alimentação de vacas em lactação em pastagem de capim elefante suplementada com diferentes fontes de carboidratos: milho grão seco moído (MG), milho grão seco moído na polpa de citrus (MP), polpa de citrus (PC) e silagem de grão úmido de milho (MU). As setas indicam os horários de fornecimento do concentrado.

Vacas que consumiram silagem de grão úmido, apresentaram 12 horas de pH menor que 6,2 (desde as 9:00 até as 21:00 horas do dia), podendo comprometer, durante esse tempo, a ação das bactérias celulolíticas e por conseguinte a digestibilidade da forragem consumida, o que não foi congruente com o consumo de pasto observado nestes animais, possivelmente, pela superestimação da DIVMS deste concentrado que levou a uma superestimação no consumo de MS de pasto.

A suplementação com alimentos concentrados pode trazer, como consequência, redução na digestibilidade da fibra devido à diminuição na atividade das bactérias celulolíticas. As bactérias celulolíticas são mais sensíveis a baixo pH que as bactérias amidolíticas. Segundo Grant et al. (1992), pH menores que 6,2 podem afetar negativamente os organismos celulolíticos.

Ying et al (1998) e Broderick et al (2002), também observaram menor valor médio de pH, quando a silagem de grão úmido de milho substituiu ao milho seco moído e quebrado em vacas confinadas. Estes autores também não observaram diferenças nos valores médios de pH quando a polpa de citrus substituiu em 50% a silagem de milho úmido.

Soriano et al. (2000) e Reis et al. (2001) não observaram mudanças no pH quando suplementaram vacas pastejando gramíneas temperadas com milho processado de diferentes maneiras. O menor valor de pH relatado em cada experimento foi apresentado oito e três horas depois dos tratamentos, respectivamente. As quantidades de concentrado oferecido a os animais foram altas: 6 kg (Soriano et al., 2000) e 10 kg (Reis et al., 2001) de matéria seca / dia.

Santos et al. (2001), observaram menores valores numéricos mas não estatísticos,

quando o milho floculado substituiu o milho moído grosso.

Knowlton et al. (1998) e Oba et al. (2003) também não encontraram diferenças nos valores médios de pH ruminal quando o milho úmido substituiu ao milho seco em vacas confinadas.

Leiva et al. (2000) observaram menores valores médios de pH ruminal quando substituíram milho úmido por polpa de citrus em vacas confinadas. Os autores atribuíram o fato à rápida fermentação que sofreu a polpa de citrus.

Voelker et al. (2003) não observaram diferenças de pH ruminal, quando substituíram 33% de grão úmido de milho por polpa de citrus em suplementos de vacas confinadas com dietas com proporção de 40% forragem e 60% de concentrado.

Neste experimento, ao contrário do que foi sugerido por Voelker et al. (2003), Perry et al. (1997) e por Meijs (1986), a substituição de fontes de amido por fontes de carboidratos estruturais não-fibrosos ricos em pectinas como a polpa de citrus (tratamentos MP e PC), não mantiveram maiores valores médios de pH ruminal.

Moreira (2005) pela técnica *in vitro*, observou média de degradação mais alta no tratamento capim-elefante associado à polpa de citrus, seguido pelo capim-elefante associado ao milho dentado e o capim-elefante associado ao milho duro, podendo desta forma sugerir que a rápida fermentação da polpa de citrus pode levar a uma queda mais acentuada do pH ruminal como aconteceu nas vacas que consumiram polpa de citrus (tratamentos MP e PC).

Um fator que pode ter interferido na queda mais acentuada do pH foi o estresse calórico próprio dos meses de janeiro e fevereiro e o déficit de sombra observado nas áreas de descanso dos piquetes onde pastejaram as vacas, que ocasionou notável diminuição no consumo de pasto durante o dia.

As inconsistências dos resultados encontrados nas variações de pH ruminal em diversos experimentos avaliando vacas em pastejo suplementadas com concentrado, sugerem que não existe uma simples relação entre quantidade de concentrado e valor de pH. A interação entre quantidade e tipo de concentrado e o consumo de matéria seca e qualidade da forragem, pode ser as explicações (Bargo et al., 2003).

O comportamento das concentrações molares de acetato, propionato e a relação acetato / propionato no período de 24 horas, pode ser observada nas Figuras 2, 3 e 4, respectivamente.

A concentração média de acetato foi maior ( $p < 0,05$ ) nas vacas que receberam polpa de citrus associada ao milho grão seco. A tendência geral das concentrações de acetato em todos os tratamentos, foi de diminuição depois do oferecimento dos concentrados, sendo esta mais acentuada nas horas da tarde e início da noite, depois do oferecimento da segunda e terceira suplementações.

Vacas alimentadas com concentrados à base de polpa de citrus apresentam os menores valores médios da concentração molar de acetato (92,8 mM).

A concentração média de propionato foi maior ( $p < 0,01$ ) nas vacas que consumiram silagem de grão úmido de milho (42,9 mM) e menor nas vacas que consumiram concentrado formulado com polpa de citrus (31,5 mM). A relação acetato/propionato foi menor ( $p < 0,05$ ) nas vacas que consumiram silagem de milho de alta umidade.

A relação acetato/propionato no rúmen correlacionou-se positivamente com os teores de gordura no leite (vacas que consumiram concentrado com inclusão de polpa de citrus como fontes de carboidratos, (MP e PC), apresentaram maior relação acetato/propionato e maior porcentagem de gordura no leite ( $p < 0,05$ )) e negativamente com os teores de proteína (vacas que consumiram concentrado 100% amido como fontes de carboidratos (tratamentos MG e

MU) apresentaram menor relação proteína no leite ( $p < 0,05$ ). acetato/propionato e maior porcentagem de

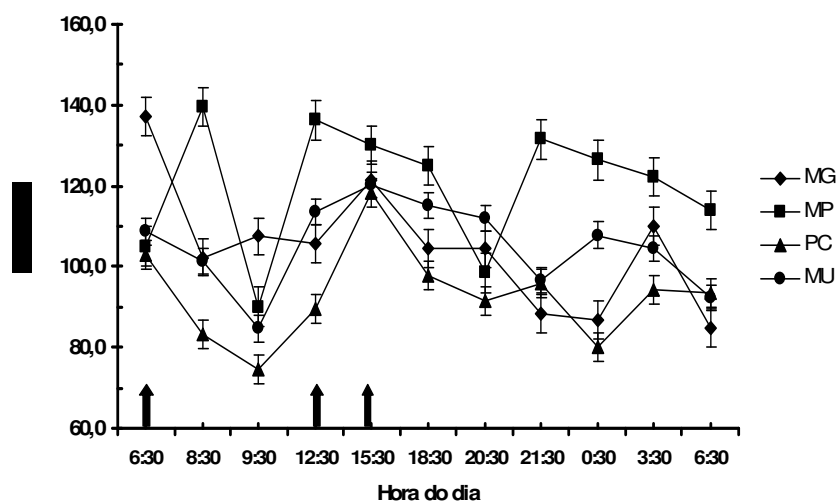


Figura 2. Concentrações molares de acetato em função do tempo de coleta após a alimentação de vacas em lactação em pastagem de capim-elefante suplementada com diferentes fontes de carboidratos: milho grão seco moído (MG), milho grão seco moído mais polpa de citrus (MP), polpa de citrus (PC) e silagem de grão úmido de milho (MU). As setas indicam os horários de fornecimento do concentrado.

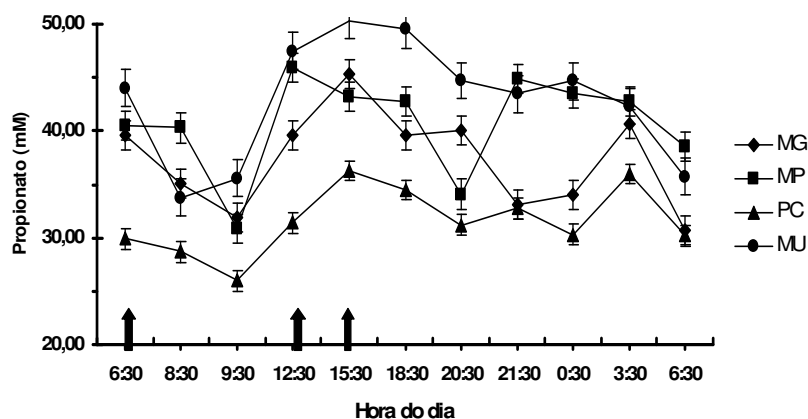


Figura 3. Concentrações de propionato em função do tempo após a alimentação de vacas em lactação em pastagem de capim-elefante suplementada com diferentes fontes de carboidratos: milho seco (MS), milho seco mais polpa de citrus (MP), polpa de citrus (PC) e silagem de grão úmido de milho (MU). As setas indicam os horários de fornecimento do concentrado.

As curvas ascendentes máximas do propionato (Figura 3) acompanham as curvas decrescentes mínimas do pH (Figura 1). Os picos máximos foram observados nove horas após a primeira alimentação (15h30min horas) e mantiveram-se até três horas depois da terceira suplementação (18h30min

horas), momentos em que foi observado menor valor de pH.

A taxa de fermentação dos carboidratos da polpa citrus, é geralmente mais baixa que as fontes de amido e sacarose e conseqüentemente menor quantidade de

propionato é produzido (Allen, 2001), como aconteceu nas vacas recebendo dieta onde a polpa de citrus substituiu 100% as fontes de amido (tratamento PC).

Uma maior concentração de propionato somada à menor relação acetato/propionato, podem indicar que as vacas que consumiram silagem de grão úmido de milho

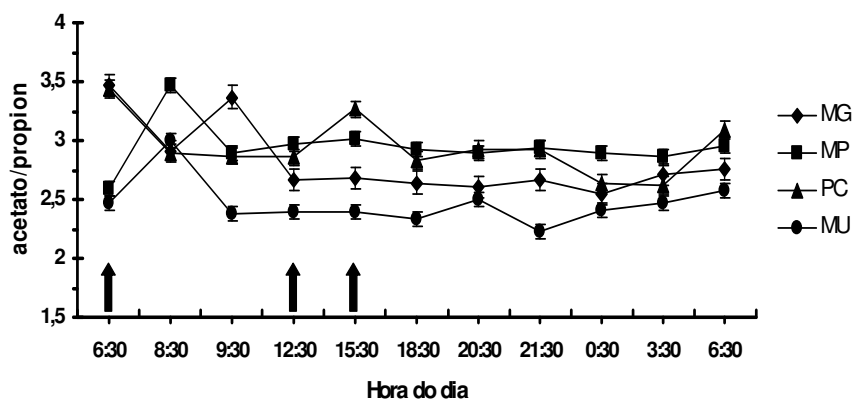


Figura 4. Relação acetato/propionato em função do tempo após a alimentação de vacas em lactação em pastagem de capim-elefante suplementada com diferentes fontes de carboidratos: milho grão seco moído (MG), milho grão seco moído mais polpa de citrus (MP), polpa de citrus (PC) e silagem de grão úmido de milho (MU). As setas indicam os horários de fornecimento do concentrado.

(tratamento MU) apresentaram maior degradação do amido, e, por conseguinte, apresentaram maior absorção de precursores gliconeogênicos, que refletem em maior teor de proteína no leite.

Dietas ricas em amido produzem mais precursores gliconeogênicos, que dietas ricas em carboidratos estruturais não-fibrosos como a polpa de citrus ou de beterraba. Como a quantidade de lactose determina a produção de leite, a disponibilidade de precursores gliconeogênicos, como o propionato, é um dos fatores que mais podem influenciar esta produção (Hall and Van Horn, 2001).

O comportamento do butirato no período de 24 horas pode ser observado na Figura 5. A concentração média de butirato foi maior nas vacas que consumiram o concentrado com 50% inclusão de polpa de citrus (tratamento MP). As vacas que consumiram concentrados com milho seco e silagem de

grãos úmidos de milho, não apresentaram diferenças. A menor concentração (6,6 mM) foi observada nas vacas que consumiram suplemento concentrado com 100% polpa de citrus como fonte de carboidratos (tratamento PC).

O comportamento das concentrações dos AGV totais no período de 24 horas, pode ser observado na Figura 6.

As curvas do butirato apresentaram comportamento semelhante ao das curvas do acetato. As concentrações de butirato em todos os tratamentos foram diminuindo depois do oferecimento dos concentrados, com a diferença de que se mantiveram por mais tempo, depois da terceira alimentação.

Marounek et al (1985), citados por Salvador (2006), observaram menores produções de butirato *in vitro*, com polpa de citrus inoculada com inóculo ruminal proveniente de cabras fistuladas do que com amido e celulose.

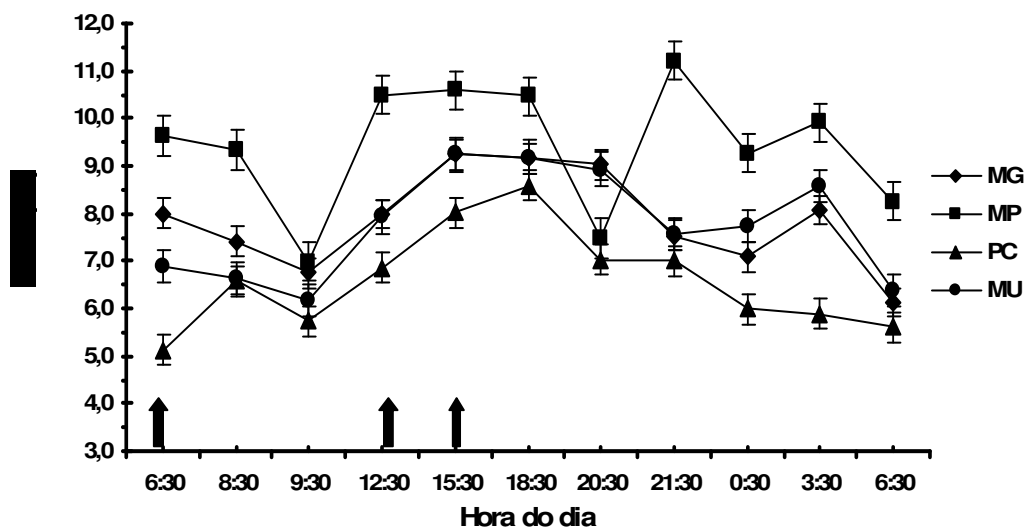


Figura 5. Concentrações de butirato em função do tempo após a alimentação de vacas em lactação em pastagem de capim elefante suplementada com diferentes fontes de carboidratos: milho grão seco moído (MG), milho grão seco moído mais polpa de citrus (MP), polpa de citrus (PC) e silagem de grão úmido de milho (MU). As setas indicam os horários de fornecimento do concentrado.

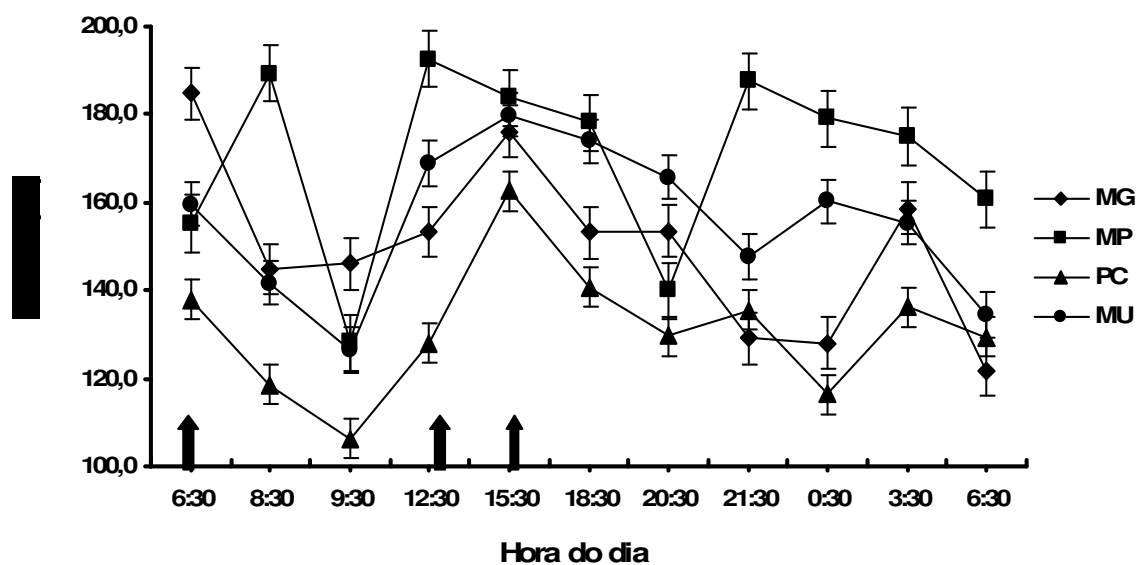


Figura 6. Concentrações de AGV totais em função do tempo após a alimentação de vacas em lactação em pastagem de capim elefante suplementada com diferentes fontes de carboidratos: milho grão seco moído (MG), milho grão seco moído mais polpa de citrus (MP), polpa de citrus (PC) e silagem de grão úmido de milho (MU). As setas indicam os horários de fornecimento do concentrado.

As concentrações totais médias de AGV foram maiores ( $p < 0,05$ ) nas vacas que consumiram grão úmido de milho (MU), milho seco associado com polpa de citrus (MP) e milho seco (MG). As vacas que consumiram polpa de citrus (PC) apresentaram menores concentrações.

As concentrações médias dos AGV totais, começaram a aumentar três horas depois da primeira suplementação (09h30min horas) e se mantiveram até três horas depois do último trato, momento em que foi registrado menor valor de pH entre todos os tratamentos.

Segundo Hall et al. (2001), a pectina sofre fermentação mais rápida que o amido, e, por conseguinte, faz um primeiro pico de concentração de AGV que se mantém por menor tempo. De modo diferente foi observado neste estudo, onde embora os menores valores de pH foram mais acentuados para as vacas que consumiram polpa de citrus (PC), os picos das concentrações dos AGV produzidos acompanharam os picos das concentrações de AGV dos tratamentos com 100% amido (MG e MU).

Soriano et al. (2000) e Reis et al. (2001), trabalhando com vacas que pastejaram gramíneas de clima temperado e Knowlton et al. (1998) e Oba et al. (2003) trabalhando com vacas confinadas, avaliaram suplementos com milho processado e conservado de diferentes formas. Embora também tenham observado maiores concentrações de propionato quando utilizaram silagem de milho úmido, não encontraram diferença ( $p > 0,05$ ) entre as concentrações e proporções dos diferentes ácidos graxos voláteis.

Broderick et al. (2002) também observaram maiores concentrações de propionato ( $p < 0,05$ ) e menor relação de acetato/propionato, quando a silagem de grãos úmidos de milho substituiu o milho seco em 100% ou a polpa de citrus em 50%, em vacas confinadas.

Voelker et al. (2003) substituindo fontes de amido por polpa em até 24% em rações de vacas leiteiras confinadas, não encontraram diferenças ( $p < 0,05$ ) nas concentrações totais de AGV, mas observaram diminuição da concentração do propionato e aumento na relação acetato/propionato.

Mansfield et al. (1994), Clark et al. (1997), Santos et al. (2001) e Sayers (1999), também substituíram milho seco por polpa de citrus ou beterraba até 50%, e encontraram maiores concentrações ruminais de acetato, menores concentrações de propionato e maior relação acetato/propionato que as vacas que consumiram 100% fontes de amido.

Leiva et al. (2000) e Hristov e Ropp (2003) substituíram, respectivamente, milho úmido e cevada por polpa de citrus em vacas leiteiras confinadas, e não observaram diferenças nas produções de AGV.

O comportamento das concentrações de N-amoniaco no período de 24 horas pode ser observado na Figura 7.

Em geral as vacas de todos os tratamentos mostraram elevada concentração de N-NH<sub>3</sub> no rúmen (16,85 a 20,80 mg/dl) e, conseqüentemente, concentrações elevadas de NUL e baixas de proteína no leite, reflexo da alta porcentagem de proteína das dietas (>17% da MS) e pouca captura de nitrogênio no rúmen.

Em quase todos os tratamentos, exceção do MG, não houve elevação da concentração de N-amoniaco no período pós-suplementação.

As vacas que consumiram polpa de citrus e milho úmido apresentaram menores concentrações médias de N-amoniaco ( $p < 0,01$ ) que as vacas que consumiram milho seco.

Na medida em que foi adicionada polpa de citrus nas dietas (tratamentos MP e PC), foi-se reduzindo as concentrações de N-amoniaco dentro do rúmen.

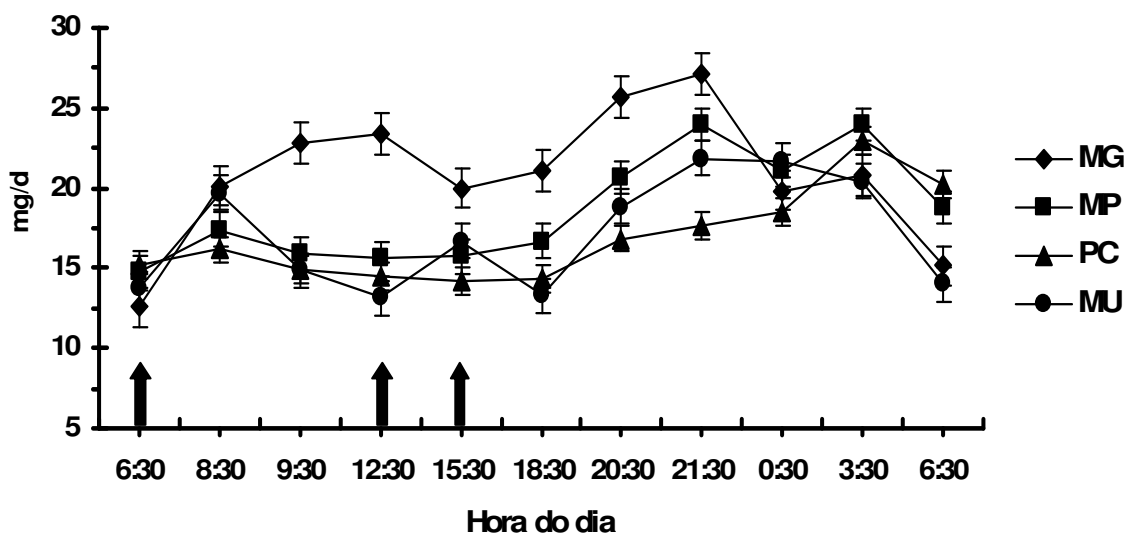


Figura 7. Concentrações de N-amoniaco em função do tempo após a alimentação de vacas em lactação em pastagem de capim elefante suplementada com diferentes fontes de carboidratos: milho grão seco moído (MG), milho grão seco moído mais polpa de citrus (MP), polpa de citrus (PC) e silagem de grão úmido de milho (MU). As setas indicam os horários de fornecimento do concentrado.

A menor concentração de amônia no rúmen pode estar relacionada à maior velocidade de fermentação inicial da pectina e sacarose da polpa de citrus e do amido da silagem de grão úmido de milho do que do amido do milho seco (Salvador, 2006), que fornecem energia suficiente para os microrganismos utilizarem a amônia.

Santos et al. (2001) observaram comportamento semelhante em vacas pastejando gramíneas tropicais: menores valores de N-amoniaco ( $p < 0,05$ ) nas vacas suplementadas com milho floculado que naquelas suplementadas com milho moído seco. Mas não encontraram diferenças quando este último foi substituído por polpa de citrus em 50%.

Knowlton et al. (1998), Broderick et al. (2002) e Voelker et al. (2003) em vacas confinadas e Soriano et al. (2000) e Reis et al. (2001), em vacas em pasto de gramíneas temperadas, também observaram menores concentrações ruminais médias de N-

amoniaco nas vacas que receberam milho processado de diferentes maneiras (silagem de grão úmido, floculado, etc) que nas vacas que receberam milho seco moído.

Já Broderick et al. (2002) não observaram diferenças nas concentrações de N-amoniaco quando a polpa citrus substituiu o milho em vacas confinadas e Van Vuuren et al. (1986) e Sayers (1999) não observaram mudanças nas concentrações de N-amoniaco, quando a polpa de citrus substituiu o milho, em vacas pastejando gramíneas de clima temperado.

A concentração de amônia ruminal é inversamente proporcional à disponibilidade de carboidratos. Quando a energia é limitante no rúmen, os microrganismos degradam a proteína em amônia e sua utilização é reduzida. O crescimento microbiano no rúmen supre a maioria dos aminoácidos que vão ser absorvidos no intestino delgado (NRC, 2001). Como os microrganismos sintetizam grande parte de suas proteínas a partir de amônia, aumentar a síntese de

proteína microbiana pode resultar na maneira mais eficiente de transformar o N-amoniaco do rúmen nas proteínas do leite e do corpo (Hristov et al., 2003).

As vacas que consumiram silagem de grãos úmidos apresentaram menores concentrações de N-amoniaco ( $p < 0,01$ ) que as vacas que consumiram milho seco moído coincidindo com as concentrações de nitrogênio uréico no leite.

As altas concentrações de N-amoniaco em todos os tratamentos foram observadas às 21h30min horas do dia; quatro a cinco horas depois do momento em que a maior parte dos animais começaram a pastear mais intensamente. A porcentagem de PB analisada no capim (16%) pode indicar que havia alta proporção de nitrogênio não-protéico de rápida disponibilidade no rúmen.

Os picos máximos de N-amoniaco apresentados às 21h30min horas do dia, e os picos máximos de propionato apresentados entre as 15h00min e às 18h00min horas, podem indicar falta de sincronia entre a disponibilidade energética e de nitrogênio dentro do rúmen, possivelmente devido ao pequeno intervalo em que foram oferecidas as três suplementações (9 horas) e ao tempo transcorrido entre a última suplementação e o pico de pastejo dos animais.

Kolver e Muller (1998) com vacas em pastagem de gramíneas de clima temperado reportaram diminuição de 33% nas concentrações do pico de amônia ruminal, quando o oferecimento do concentrado estava em sincronia com o pastejo dos animais. Para eles o melhor momento foi 4 horas depois do consumo máximo da forragem pastejada.

#### 4.5 Derivados de purinas

As concentrações dos derivados de purinas e a relação alantoína/creatinina, estão apresentadas na Tabela 10.

A relação alantoína/creatinina, não diferiram entre os tratamentos ( $p > 0,05$ ).

A literatura mostra que as concentrações de creatinina devem ser constantes nos animais, mas trabalhos feitos por Reis et al. (2001) e Salvador (2006) relataram variações nestas concentrações.

Neste experimento a maior concentração de creatinina observada nos animais que consumiram silagem de grãos úmidos, pode ter causado a ausência de resposta estatística na relação alantoína/creatinina, já que estes animais apresentaram maiores concentrações de alantoína e ácido úrico ( $p < 0,05$ ).

Tabela 10. Concentração dos derivados de purinas e estimativa de síntese de proteína microbiana em vacas leiteiras em pastagem de capim elefante suplementada com diferentes fontes de carboidratos.

	<i>Concentrados<sup>1</sup></i>					<i>Contrastes</i>		
	MG	MP	PC	MU	EPM <sup>2</sup>	MGxMU	MGxPC	MPx(MG+PC)
Alantoína (mg/l)	939	900	920	1266	56,4	0,02	0,99	0,88
Ácido úrico (mg/l)	204	202	156	236	11,3	0,24	0,12	0,34
Creatinina (mg/l)	289	240	273	315	11,4	0,25	0,70	0,39
Purinas totais (mg/l)	1143	1103	1076	1502	63	0,03	0,77	0,96
Alantoína/creatinina	3,55	3,59	3,75	3,96	0,17	0,38	0,71	0,45

<sup>1</sup> MG (milho grão seco moído); MP (milho grão seco moído mais polpa de citrus); PC (polpa de citrus); MU (silagem de grão úmido de milho)

<sup>2</sup> EPM = Erro padrão da média

Embora estas diferenças não tenham sido significativas ( $p > 0,05$ ), o tratamento com

grão úmido comparado com o tratamento com milho seco moído pode ter melhorado a



eficiência de uso do N-amoniaco produzido durante a fermentação ruminal o que está coerente com a maior concentração de alantoína e purinas totais, e os menores valores da concentração de N-amoniaco no rúmen e de nitrogênio uréico no leite ( $p < 0,05$ ).

Reis et al. (2001) observaram maior relação alantoína/creatinina em vacas que consumiram silagem de grão úmido de milho pastejando gramíneas de clima temperado.

Já Knowlton et al. (1998) não encontraram diferenças ( $p > 0,05$ ) no fluxo de nitrogênio microbiano ao intestino delgado quando substituíram milho seco por silagem de grão úmido de milho em dietas de vacas leiteiras confinadas.

Voelker et al. (2003) encontraram diminuição no fluxo de nitrogênio microbiano ao intestino delgado, quando substituíram grão úmido de milho por polpa de citrus.

Tabela 11. Parâmetros de degradação ruminal *in situ* da matéria seca e matéria orgânica da forragem de capim elefante

	Período <sup>1</sup>			
	1	2	3	4
Matéria seca <sup>2</sup>				
Fração A, %	83,99	83,93	87,35	89,09
Fração S, %	32,96	31,16	32,11	32,06
Fração B1, %	51,02	52,77	52,24	57,00
c, h <sup>1</sup>	0,0338	0,0530	0,0560	0,0489
Lag, h	3,78	2,84	3,42	3,60
R2	0,9466	0,9662	0,9723	0,9689
DE2, %	65,03	69,48	72,80	72,52
DE5, %	53,56	58,32	61,28	60,25
Matéria orgânica <sup>2</sup>				
Fração A, %	82,66	83,09	86,72	88,07
Fração S, %	29,45	26,33	27,56	29,48
Fração B1, %	53,21	56,76	59,16	59,58
c, h <sup>1</sup>	0,0350	0,0529	0,0551	0,0547
Lag, h	3,97	2,77	3,21	4,60
R2	0,9436	0,9665	0,9724	0,9718
DE2, %	63,31	67,52	70,98	72,38
DE5, %	51,36	55,52	58,59	60,09

<sup>1</sup> 1 (primeiro período experimental); 2 (segundo período experimental); 3 (terceiro período experimental); 4 (quarto período experimental).

<sup>2</sup> A: Fração potencialmente degradável; S: Fração solúvel + partículas com tamanho reduzido que atravessam os poros de náilon; B1: Fração potencialmente degradável por ação da microbiota (A – S); c, h<sup>-1</sup>: taxa constante de degradação da fração potencialmente degradável pela ação da microbiota; Lag: *Lag-time* ou tempo de colonização; DE: Degradação efetiva calculadas considerando taxas de passagem de 2 (DE2) e 5 (DE5) %/h.

#### 4.6 Degradação In Situ

Os parâmetros de degradação da matéria seca e da matéria orgânica da forragem e dos alimentos concentrados estão apresentados nas Tabelas 11 e 12, respectivamente.

A degradabilidade efetiva da MS e da MO do capim elefante calculadas com diferentes taxas de passagem (2 e 5%) e as taxas de degradação ( $c, h^{-1}$ ), foram aumentando no decorrer do estudo, coincidindo com o melhoramento da qualidade nutricional da forragem: aumento da DIVMS e PB e diminuição da FDN, FDA e lignina (Tabela 5) na medida que foi reduzida a altura ao pastejo e a idade das plantas.

A média de degradabilidade efetiva da MS para uma taxa de passagem de 5% foi de 58,3%, similar à observada por Lopes et al. (2003) de 52,7% em pastagem de capim-elefante consumido por vacas mestiças Holandês x Zebu. Estes autores também observaram aumento na DE da MS conforme reduziram o período de descanso da forragem pastejada.

Tabela 12. Parâmetros de degradação ruminal *in situ* da matéria seca e matéria orgânica de concentrados com diferentes fontes de carboidratos.

	Concentrados <sup>1</sup>			
	MG	MP	PC	MU
<b>Matéria seca<sup>2</sup></b>				
Fração A, %	101,50	101,57	99,43	97,00
Fração S, %	31,53	48,43	40,10	81,21
Fração B1, %	69,97	53,14	59,33	15,80
c, h <sup>1</sup>	0,0636	0,0902	0,0857	0,0884
Lag, h	1,40	1,81	1,47	2,88
R2	0,9779	0,9706	0,9515	0,8962
DE2, %	84,76	91,93	88,20	94,09
DE5, %	70,70	82,62	77,57	91,29
<b>Matéria orgânica<sup>2</sup></b>				
Fração A, %	106,28	100,50	104,18	95,85
Fração S, %	27,10	46,81	37,07	80,28
Fração B1, %	79,18	53,69	67,11	15,57
c, h <sup>1</sup>	0,0574	0,1015	0,0708	0,1021
Lag, h	1,33	2,16	1,19	2,84
R2	0,9819	0,9779	0,9764	0,8777
DE2, %	85,83	91,66	89,40	93,30
DE5, %	69,43	82,78	76,40	90,73

<sup>1</sup> MG (milho grão seco moído); MP (milho grão seco moído mais polpa de citrus); PC (polpa de citrus); MU (silagem de grão úmido de milho)

<sup>2</sup> A: Fração potencialmente degradável; S: Fração solúvel + partículas com tamanho reduzido que atravessam os poros de náilon; B1: Fração potencialmente degradável por ação da microbiota (A – S); c, h<sup>1</sup>: taxa constante de degradação da fração potencialmente degradável pela ação da microbiota; Lag: *Lag-time* ou tempo de colonização; DE: Degradabilidade efetiva calculadas considerando taxas de passagem de 2 (DE2) e 5 (DE5) %/h.

Van Vuuren et al. (1992), citados por Bargo et al. (2003), observaram maiores degradações da MS em forragens de clima temperado, quando incrementaram a fertilização com nitrogênio (4,7 %/h vs 6,8 %/h com 275 e 500 kg de nitrogênio/ha, respectivamente).

O concentrado MU apresentou maior degradabilidade efetiva da MS e da MO (91,29 e 90,73%, respectivamente, com taxa de passagem de 5%), seguido pelos concentrados com polpa de citrus (82,62 e 82,78% para MP e 77,57 e 76,40% para PC, respectivamente, com taxas de passagem de

5%). O concentrado com milho seco moído (MG) apresentou menor taxa de degradação por hora (6,36%) e menor degradabilidade efetiva da MS e da MO (70,70 e 69,43 % respectivamente, com taxa de passagem de 5%).

Os estudos com silagem de grãos úmidos de milho têm constatado que há aumento na digestibilidade da MS e da MO, devido ao aumento na digestão do amido, principal componente do grão. Antes de completar a maturação do grão, a matriz protéica que encobre os grânulos de amido, no milho duro já está em formação e limitará a digestão ruminal do amido. Em razão disso, a colheita do milho para silagem com maior teor de umidade, em relação ao grão seco, pode ter efeito benéfico sobre a digestibilidade ruminal da matéria seca (Jobin et al., 2003).

Philippeau e Michalet-Doreau (1998), observaram taxas de degradação (%h) para milhos duros de 5,7 e 4,3 com MS de 30 e 35%, respectivamente.

Moreira (2005), pela técnica in vitro, observou maior degradabilidade potencial da MS e da MO para o concentrado com de milho seco mais polpa de citrus, seguido pelo concentrado com de polpa citrus e do concentrado com milho grão seco.

## 5. CONCLUSÕES

- Embora os dados metabólicos mostrassem maior aporte de substratos para a glândula mamária nas vacas que consumiram silagem de grão úmido de milho, não houve diferenças na produção do leite.

- Em sistemas de pagamento do leite onde a composição não tem valor econômico definido, qualquer uma das fontes de carboidratos testados no presente estudo pode ser utilizada.

- A utilização de concentrados a base de amido resultou na melhor eficiência no uso da proteína bruta da dieta, o que deve ser levado em consideração em vacas mantidas

em pastagens adubadas e com altas concentrações de proteína.

## 6. BIBLIOGRAFIA

AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL . *The nutrient requirement of ruminant livestock supplement* no. 1. Slough: Commonwealth agricultural Bureaux. 1984.

ALDRICH J. M.; MULLER L. D.; VARGA G. A. Nonstructural carbohydrate and protein effects on rumen fermentation, nutrient flow, and performance of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, v. 76, p.1091-1105, 1993.

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

ALLEN, M. Formulating lactating cows diets for carbohydrates. In: 5<sup>TH</sup> WESTERN DAIRY MANAGEMENT CONFERENCE, 2001, Las Vegas. Department of Animal Science, Michigan State University, 2001. p.79-86.

ALVIM, M. J.; FERREIRA, D. X.; SILVA, V. S.; BOTREL M. Resposta do Tifton 85 a doses de nitrogênio e intervalo de cortes. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. v. 34, n.12, p.2345-2352, 1999.

ALVIM, M. J.; VILELA, D.; COSER, A. C. Efeitos de dois níveis de concentrado sobre a produção de leite de vacas da raça holandesa em pastagem de Coast-cross. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, n.33, 1996, Fortaleza, CE. Anais... Fortaleza:SBZ. 1996. p.172-173.

ANDRADE, I. F.; GOMINE, J. A. Curva de crescimento do capim elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum.) A-146. *Revista Ceres*, v.18, p.431-447, 1971.

AROEIRA, L.J.M.; LOPES, F.C.F.; DERESZ, F. et al. Pasture availability and dry matter intake of lactating crossbred cows grazing elephant grass (*Pennisetum*

*purpureum*, Schum). *Anim. Feed Sci. Technol.* v.78, p.313-324, 1999.

ARONOVICH, S.; CORREA, R. N. S.; FARIA, E. V. O uso de concentrados na alimentação de vacas leiteiras em boas pastagens de capim-pangola. I-Resultados de verão. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE PASTAGENS, 9, 1965, São Paulo . Anais...São Paulo, 1965. v.2, p.919-921.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMIST – AOAC. *Official methods of analyses*, v. 15, n.1, p.72-74, 1990.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMIST – AOAC. *Official methods of analyses*, 16 ed., AOAC, Washington, 1995.

BARGO, F.; MULLER, L. D.; KOLVERT, E. S.; DELAHOY, J. E. Invited review: Production and digestion of supplemented dairy cows on pasture. *Journal of Dairy Science*, v. 86, p.1-42, 2003.

BERGMAN E. N. *Physiological Reviews*. Energy contributions of volatile fatty acids from the gastrointestinal tract in various species. v.70, n.2, New York: Cornell University, 1990. 3245p.

BRÂNCIA, P. A.; EUCLIDES, V. P. D.; NASCIMENTO, DO D. J.; FONSECA, D. M.; ALMEIDA, DE R. G.; MACEDO, M. C. M.; BARBOSA, R. A. Avaliação de três cultivares de *Panicum maximum Jacq.* Sob pastejo: disponibilidade de forragem, altura do resíduo pós-pastejo e participação de folhas, colmos e material morto. *Rev. Bras. Zootec.*, v.32, n.1, p.55-63, 2003.

BRODERICK, G. A.; MERCHEN R. N. Markers for quantifying microbial protein synthesis in the rumen. *Journal of Dairy Science*, v. 75, n.9, p.2618-2632, 1992.

BRODERICK, G. A.; RICKER, D. B.; DRIVER, L. S. Expeller soybean meal and corn by-products versus solvent soybean meal for lactating dairy fed alfalfa as sole

forage. *Journal of Dairy Science*, v. 73, p.453, 1990.

BRODERICK, G.A.; MERTENS, D. R.; SIMONS, R. Efficacy of carbohydrate sources of milk production by cows fed diets based on alfalfa silage. *Journal of Dairy Science*, v. 85, p.1767-1776, 2002.

BUCHOLTZ H.; JHONSON, T. Use of milk urea nitrogen in herd management. In: 16 TH ANNUAL TRI-STATE DAIRY NUTRITION CONFERENCE, 2007, Fort Wayne. Department of Animal Science, Michigan State University, 2007. p. 63-67.

Buttery and Foulds, 1985. P.J. Buttery and A.N. Foulds, Amino acid requirements of ruminants. In: W. Haresign and D.J.A. Cole, Editors, *Recent Advances in Animal Nutrition*, Nottingham University Press, Nottingham (1985), p. 257–271.

CARARETO, R.. Uso de uréia de liberação lenta para vacas alimentadas com silagem de milho ou pastagens de capim Elefante manejadas com intervalos fixos ou variáveis entre desfolhas. 2007. 113p. (Mestrado). USP/ESALQ Piracicaba, SP .

CLARK, J. H.; FROBISH, R. A.; HARSHBARGER, K. E.; DERRIG; R. G.. Feeding value of dry corn, ensiled high moisture corn and propionic acid treated high moisture corn fed with hay or haylage for lactating dairy cows. *Journal of Animal Science*, v. 56, p.1531, 1973.

CLARK, P. W.; ARMENTANO, L. E. Influence of particle size on the effectiveness of beet pulp fiber. *Journal of Dairy Science*, v. 80, p.898-904, 1997.

COLONNA, P.; TAYED, J.; MENCIAER, C. 1989. In: Extrusion-cooking, AACC, St. Paul, MN, pp.247-319.

CORRÊA, C. E. S.; PEREIRA, M. N.; De OLIVEIRA, S. G.; RAMOS, M. H. Desempenho de vacas holandesas alimentadas com cana de açúcar ou silagens

de milho de diferentes textura de grão. *Scientia Agricola*, V. 60, p.621-629, 2003.

COWAN, R. T.; MOSS, R. J.; KERR, D. V. Northern dairy feedbase, 2001. 2. Summer feeding systems. *Trop. Grass*, v.1, n. 27, p. 150-161.

DEAVILLE, E. R.; MOSS, A.R.; GIVENS, D. I. The nutritive value and chemical composition of energy-rich byproducts for ruminants. *Animal Feed Science Technology*, v. 49, p.1226-1276, 1994.

DELAHOY, J. E.; MULLER, L. D.; BARGO, F.; CASSIDY, T. W.; HOLDEN L. A. Supplemental carbohydrate sources for lactating dairy cows on pasture. *Journal of Dairy Science*, v. 86, p.906-915, 2003.

DERESZ, F; MATOS, L. L.; MOZZER, O.L.; MARTINS, C. E.; AROEIRA, L. J. M.; VERNEQUE, R. S.; COSER, A. C. Produção de leite de vacas mestiças Holandês x Zebu em pastagem de capim-elefante com e sem suplementação de concentrado durante a época das chuvas. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec*, v. 55, n.3, 2003.

DEREZ F. Influência do período de descanso da pastagem de capim-elefante na produção de leite de vacas mestiças Holandês x Zebú. *Rev. Brás. Zootec*. v.30, n.2, p.461-469, 2001.

DEREZ F. Manejo de pastagem de capim-elefante para produção de leite e carne. In: SIMPÓSIO SOBRE CAPIM-ELEFANTE, 2, 1994, Juiz de Fora. Anais...Coronel Pacheco, MG: Embrapa, 1994. p.116-137.

DEREZ F. Produção de leite de vacas mestiças holandês x zebu em pastagens de Capim-Elefante, manejada em sistema rotativo com e sem suplementação durante a época das chuvas. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 30, n.1, p.197-204, 2001.

DEREZ, F.; PAIM, A.; COSTA, M. L.; COSER, A. C.; MARTINS, C. E.; RODRIGUES, J. B. Composição química, digestibilidade e disponibilidade de capim-

elefante cv. Napier manejado sob pastejo rotativo. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 35, n. 3, p.863-869, 2006.

Dixon e Stockdale : Dixon, R. M., and C. R. Stockdale. 1999. Associative effects between forages and grains: consequences for feed utilization. *Aust. J. Agric. Res.* 50:757-773.

EKINCI, C.; BRODERICK, A. G. Effect of processing high moisture ear corn on Ruminant fermentation and milk yield. *Journal of Dairy Science*, v. 80, p.3298-3307, 1997.

FERGUSON J. D. Center for Animal Health and Productivity. New Bolton Center. 1999. Disponível em: <[http://www.vet.upenn.edu/mun/mun\\_info.htm](http://www.vet.upenn.edu/mun/mun_info.htm)> acesso em: 27 abr. 2006

FIGUEIRA, D.C.; *Efeito do nível de uréia sobre as digestibilidades aparente e "in situ" e a dinâmica da fase sólida em bovinos alimentados com cana-de-açúcar e farelo de aldogão*. 1991. 123f. Tese (Mestrado) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG.

FORNASIERI, F. D. A cultura do milho. Jaboticabal: FUNEP, 1992. 273 p.

GEHMAN, A. M.; BERTRAND, J. A.; JENKINS, T. C.; PINKERTON, B. W. The effect of carbohydrate source on nitrogen capture in dairy cows on pasture. *Journal of Dairy Science*, v. 89, p.2659-2667, 2006.

GRANT, R. J., Optimizing starch concentrations in dairy rations. Fort Wayne: W.H.Miner Agricultural Research Institute Tri-State Dairy Nutrition Conference, Grand Wayne Center, 2005. p.73-79.

GRANT, R. J.; MERTENS, D. R.. Influence of buffer pH and raw corn starch addition on In vitro fiber digestion kinetics. *Journal of Dairy Science*, v. 75, p.2762-2768, 1992.

GRANT, R.; DRUDICK, D.; KEOWN, J. Milk urea nitrogen testing. Cooperative Extension, Institute of Agriculture and Natural

- Resources, University of Nebraska-Lincoln. Acesso em: Disponível em: <<http://www.ianrpubs.unl.edu/dairy/g1298.html>> Acesso em: 27 abr. 2006.
- HALL, M. B.; HEREJK, C. Differences in yields of microbial crude protein from *in vitro* fermentation of carbohydrates. *Journal of Dairy Science*, v. 84, p.2486, 2001.
- HALL, M. B.; PELL, A. N.; CHASE, L. E. Characteristics of neutral detergent soluble fiber fermentation by mixed ruminal microbes. *Animal Feed Science and Technology*, 70, p 23-29, 1998.
- HALL, M. B.; VAN HORN, H. H. How should we formulate for non-NDF carbohydrates? In: PROC. FL RUMINANT NUTR. SYMP., University of Florida, 2001, Gainesville, FL., p. 44-49.
- HILLESHEIM, A. *Fatores que afetam o consumo e perdas de capim elefante sob pastejo*. 1987. 94 f. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz / USP, Piracicaba, São Paulo.
- HRISTOV, A. N., ROPP J. K. Effect of dietary carbohydrate composition and availability on utilization of ruminal ammonia nitrogen for milk protein synthesis in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, v. 86, p.2416-2427, 2003.
- HUNTINGTON, B. G. Ruminant Starch Utilization progress has been extensive. *FEEDSTUFFS*, v.66, n.23, p.16-18, 38-43, 1994.
- HUNTINGTON, B. G. Starch utilization by ruminants: from basis to de bunk. *Journal of Animal Science*, v.75, p.852-867. 1997.
- JENKINS, T. C.; MC GUIRE, M. A. Effects of nutrition on milk composition: A 25-year review of research reported in the journal of *Journal of Dairy Science*. In: TRI-STATE DAIRY CONFERENCE, 2005. p. 51-57.
- JOBIM, C.C., BRANCO, A.B., SANTOS, G.T. Silagem de grãos úmidos na alimentação de bovinos. In: V SIMPÓSIO GOIANO SOBRE MANEJO E NUTRIÇÃO DE BOVINOS DE CORTE E LEITE, 2003, Goiânia. p. 357-376.
- KNOWLTON K.F.; GLENN B. P.; ERDMAN R. A. High moisture corn in lactating cow rations: digestion, metabolism, and production. 1998. Disponível em: <<http://www.dasc.ut.edu/facult/knowlton/highmoistu-recorn.pdf>>. Acesso em: 27 abr. 2006
- KNOWLTON, K.F.; GLENN, B. P.; ERDMAN, R. A. Performance, ruminal fermentation, and site of starch digestion in early lactation cows fed corn grain harvested and processed differently. *Journal of Animal Science*, v. 81, p.1972-1984, 1998.
- KOLVER, E. S.; MULLER, L. D. Performance and nutrient intake of high producing holstein cows consuming pasture or a total mixed ration. *Journal of Dairy Science*, v. 81, p.1403-1411, 1998.
- KOTARSKI, S. F.; WANISKA, R. D.; THURN, K. K. Starch hydrolysis by the ruminal microflora. *Journal Nutrition*. 122:178. 1992.
- LEITE, G. G.; EUCLIDES, V. P. Utilização de pastagens de *Brachiaria spp.* In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGENS, 11.,1994, Piracicaba. Anais...Piracicaba:FEALQ, 1994. p. 264-297.
- LEIVA, E.; HALL, M. B.; VAN HORN, H. H. Performance of cattle fed citrus pulp or corn products as sources of neutral detergent-soluble carbohydrates. *Journal of Dairy Science*, v. 83, p.2866-2875, 2000.
- LENKEIT, W.; BECKER, M. Inspeção e apreciação de forragens. Lisboa. Ministério da Economia de Portugal, 1956.152p.
- LOPES, F. C.; AROEIRA, L. J. M.; RODRIGUEZ, N. M.; DERESZ, F.;

- SAMPAIO, I. B. M.; BORGES, I.; MALDONADO, H.; VITTORI, A. Degradação ruminal *in situ* do capim-elefante (*Penisetum purpureum Schum.*) consumido sob pastejo por vacas mestiças Holandês x Zebu em lactação. *Arq. Bras. Méd. Vet. Zootec.* v.55, n.6, p.694-701, 2003.
- LOPES, F. C.; DERESZ, F.; RODRIGUEZ, N. M.; AROEIRA, L. J. M.; BORGES, I.; MATOS, L. L.; VITTORI A. Disponibilidade e perdas de matéria seca em pastagem de capim-elefante (*Penisetum purpureum Schum.*) submetida a diferentes períodos de descanso. *Arq. Bras. Méd. Vet. Zootec.* v.55, n.4, 2003.
- MANSFIELD, H. R.; STERN, M. D.; OTTERBY, D. E. Effects of beet pulp and animal by-products on milk yield and *in vitro* fermentation by rumen microorganisms. *Journal of Dairy Science*, v. 77, p.205-216, 1994.
- Marounek, M., S. Bartos, and P. Brezina. 1985. Factors influencing and starch by mixed culture of rumen microorganisms. *Z. Tier-physiol. Tierernaehr. Futtermittelkd.* 53:50-58.
- MARTINEZ, J. C. *Substituição do milho moído fino por polpa cítrica peletizada no concentrado de vacas leiteiras mantidas em pastagens de capim elefante durante o outono – inverno.* 2004. 121 p. Dissertação (mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, São Paulo.
- MATTOS, W. Influência da nutrição sobre a composição de sólidos totais no leite. In: V Simpósio sobre bovinocultura leiteira, 2005, Piracicaba - SP.
- McALLISTER, T. A., RODE, L. M., MAJOR, D. J., CHUNG, K. J., BUCHAMAN, J. G. Effect of ruminal microbial colonization on cereal grain digestion. *Journal of Animal Science*, v. 70, p.571, 1990.
- MEHREZ, A. A., ØRSKOV, E. R. A study of the artificial fibre bag technique for determining the digestibility of feeds in the rumen. *J. Agric. Sci.*, v.88, p.645-650, 1977.
- MEIJS, J. A. C. Concentrate supplementation of grazing dairy cows. 2. Effect of concentrate composition on herbage intake and milk production. *Grass Forage Science*, v. 41, p.229-235, 1986.
- MENDOZA, G. D., BRITTON, R. A., STOCK, R. A. Influence of dietary buffer value index on de ruminal milieu of lactating dairy cows fed sorghum silage and grain. *Journal of Dairy Science*, v. 76, p.3571, 1993.
- MINSON, D. J. Forages in ruminant nutrition. Academic Press. New York. 483p. 1990.
- MOREIRA, P. C. *Fontes de carboidratos não fibrosos na alimentação de vacas leiteiras.* 2005. 106 p. Tese (Doutor em Ciência Animal) – Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, Minas gerais
- MOTT G. O., Relation shp of available forage and animal performance in tropical grazing systems. In: FORAGE AND GRASSLAND CONFERENCE, FORAGE SYSTEM LEADING U.S. AGRICULTURE IN TO THE FUTURE, Houston. Proceeding... Lexington: American Forage and Grassland Council. 1984. p.373-7.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Nutrients requirements of dairy cattle.* 7.ed. Washington: Natl. Acad. Sc., 2001. 408p.
- NOCEK, J. E.; TAMMINGA, S. Site of digestión of starch in the gastrointestinal tract of dairy cows and its effect on milk yield an composition. *Journal of Dairy Science*, v. 74, p.3598, 1991.
- NUNES, L. F.; COELHO, J. F.; MALDONADO, H.; DETMANN, E. Avaliação nutricional de pastagens de capim-elefante e capim-mombaça sob manejo rotacionado em diferentes períodos de

- ocupação. *Ver. Brás. Zootec.* v.36, n.5, p.1406-1417, 2007.
- OBA, M., ALLEN, M. S. Effects of corn grain conservation method on feeding behavior and productivity of lactating dairy cows at two dietary starch concentrations. *Journal of Dairy Science*, v. 86, p.174-183, 2003.
- ØRSKOV, E. R., McDONALD, I. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to the rate of passage. *J. Agric. Sci.*, v. 92, p. 499-503, 1979.
- PASSOS, L. P.; CARVALHO, L. A.; MARTINS, C. E. *Biologia e manejo do capim-elefante*. Ed. Juiz de Fora:EMBRAPA-CNPGL,1999. 229p.
- PEREIRA, R. F. *Teores de proteína bruta para vacas leiteiras lactantes em pastejo de capim elefante (Pennisetum purpureum Schum.)*. 2005. 65 f. Dissertação (Mestre em Zootecnia). Universidade Federal de Minas Gerais. Belo horizonte, Minas Gerais.
- PHILLIPPEAU, C.; MICHALET-DOREAU. Influence of genotype and ensiling of corn grain on in situ degradation of starch in the rumen. *Journal of Dairy Science*, v. 81, p.2178, 1998.
- PIERONI, G. A.; BARGO, F.; REARTE, D. H. Dry-ground or steam sorghum supplementation to lactating dairy cows grazing pasture. *Journal of Dairy Science*, v. 82 (Suppl 1), p.44, 1999.
- RABELO, E. *Carboidratos na alimentação de Bovinos Leiteiros*. (s.n.), 2003. (apostila).
- REIS, R. B.; SAN EMETERIO, F.; COMBS, D. K. Effects of corn particle size and source on performance of lactating cows fed direct-cut grass-legume forage. *Journal of Dairy Science*, v. 84, p.429-441, 2001.
- ROONEY, L. W.; PFLUGFELDER, R. L. Factors affecting starch digestibility with special emphasis on sorghum and corn. *Journal of Animal Science*, v. 63, p.1607-1623, 1986.
- SALVADOR, S. C. *Suplementação com milho e minerais orgânicos em dietas com alto teor de polpa cítrica para vacas em lactação*. 2006. 105 f. Dissertação (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, Brasil.
- SAMPAIO, I.B.M. *Experimental designs and modelling techniques in the studies of roughage degradation in rumen and growth of the ruminants*. Reading: Universtity of Reading, 1988. 228p. (Thesis, PhD)
- SAN EMETERIO, F. *Effect of grinding and moisture level of corn grain on performace of lactating dairy cows*.1998.180 f. Dissertation (Doctor of Philosophy) – University of Wisconsin, Madison.
- SANTOS, F. A. P.; MARTINEZ, J. C.; GRECO, L. F.; CARARETO, R.; PENATI, M. A. Nutrição das vacas em lactação, no período chuvoso, para a produção intensiva de leite em pasto. *Cadernos Técnicos de Veterinária e Zootecnia*, v. 57, p. 1-39, 2008.
- SANTOS, P. F. A.;MENEZES, J. M. P.; CORRÊA J. M.; PIRES, A.V.;BITTAR. Processamento do grão de milho e sua substituição parcial por polpa de citrus peletizada sobre o desempenho, digestibilidade de nutrientes e parâmetros sanguíneos em vacas leiteiras. *Acta Scientiarum*, v. 23, n.4, p.923-931, 2001.
- SANTOS, M.V.F; JUNIOR, J.C.B.; SILVA et al. Produtividade e composição química de gramíneas tropicais na zona da mata de Pernambuco. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.32,n.4, p.821-827, 2003
- SAS. Institute Inc. SAS® User`s Guide: Statistics, Version 5 Edition. Cary, NC:SAS Institute Inc., 1985. 956 p.
- SAS. Institute Inc. SAS® User`s Guide: Statistics, Version 6 4<sup>th</sup> edn, Cary, NC., 1989.



- SAYERS, H. J. *The effect of sward characteristics and level and type of supplement on grazing behaviour, herbage intake and performance of lactating dairy cows*. 1999. Dissertation (Doctor of Philosophy) – University of Belfast, The Agricultural Institute of Northern Ireland.
- SILA, C. S.; DO NASCIMENTO, J.; MONTAGNER, D. B.; Desafios da produção intensiva de bovinos de corte em pastagens. In: SIMBOI-I SIMPÓSIO SOBRE DESAFIOS E NOVAS TECNOLOGIAS NA BOVINOCULTURA DE CORTE, 2005, Brasília-DF. UPIS, 2005, p. 209.
- SOARES, J. P. G.; AROEIRA, L. J. M.; PEREIRA, O. G. Capim-elefante (*Pennisetum Schum.*) sob duas doses de nitrogênio. Consumo e produção de leite. *Rev. Bras. Zootec.* v.28, p.889-897, 1999.
- SOLOMON, R.; CHASE, L. E.; BEMGHEDALIA D.; BAUMAN, D. E. The effect of nonstructural carbohydrate and addition of full fat extruded soybeans on the concentration of conjugated linolenic acid in the milk fat of dairy cows. *Journal of Animal Science*, v. 83, p.1322-1329, 2000.
- SORIANO, F. D.; POLAN, C. E.; MILLER, C. N. Milk production and composition, rumen fermentation parameters, and grazing behavior of dairy cows supplemented with different forms and amounts of corn grain. *Journal of Dairy Science*, v. 83, p.1520-1529, 2000.
- STAPLES, C. R.; GARCIA, B. C.; OLDICK, B. S.; THATCHER, W. W. Protein intake and reproductive performance of dairy cows: A review, a suggested mechanism and blood and milk urea measurements. In: 4 th Annual Florida Ruminant Nutrition Symposium, 1993, Gainesville. University of Florida, 1993. p.37.
- STOCK, R. A., BRINK D. R., BRITTON R. A., GOEDEKEN F. K., SINDT M. H., KREIKEMEIER K. K., MAUER M., SMITH K. K. Feeding combinations of high moisture corn and dry rolled sorghum to finishing steers. *Journal of Dairy Science*, v. 65, p.290, 1987.
- STOCK, R. A.; SINDT, M.H.; PARROT, J.C.; GOEDEKEN, F.K. Effects of grain type, roughage level and monensin level on finishing cattle performance. *Journal of Animal Science*, v.68, 3441-3446, 1990.
- SUTTON, J. D. Digestional absorption of energy substrates in the lactating cow. *Journal of Animal Science*, v. 68, p.87-98.
- SUTTON, J. D.; BINES J. A.; MORANT, S. V.; NAPPER, D. J., GIVENS, D. I. A comparison of starchy and fibrous concentrates for milk production, energy utilization and hay intake by friesian cows. *Journal Agricultural Science (Camb.)*, v. 109, p.375-386, 1987.
- TAMMINGA. Nutrition management of dairy cows as a contribution to pollution control. *Journal of Dairy Science*, v. 75, p.345, 1992.
- THOM. The discomfort index. *Weatherwise*, v.12, n.1, p.57-60, 1959.
- TILLEY, J. M. A., TERRY, R. A. A two-stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. *Journal British Grassland Science*, v.18, p.104-111, 1963.
- VALLE L, C. S.; MOZZER, O. L.; VILLACA, H. A. Níveis de concentrado para vacas em lactação em pastagem de capim-elefante (*Pennisetum Purpureum Schum.*) no período das águas. In: REUNIÃO ANUAL DA BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 24, Brasília, DF, Anais...Brasilia:SBZ, 1987. 56 p.
- VAN HOUTERT, M.F.J.; The production and metabolism of volatile fatty acids by ruminants fed roughages: A review. *Animal Feed Science and Technology*, 43. p 189-225, 1993.

- VAN SOEST, P. J. Nutricional ecology of the ruminant. 2.ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994. 446 p.
- VAN SOEST, P.; ROBERTSON, J. B., LEWIS, B. A. In: Symposium: carbohydrate methodology, metabolism, and nutritional implications in dairy cattle. *Journal Dairy Science*, v. 74, n. 10, p. 3583-3597, 1991.
- Van Vuuren, A. M., C. J. Van der Koelen, and J. Vroons-de Bruin. 1993. Ryegrass versus corn starch or beet pulp fiber diet effects on digestion and intestinal amino acids in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 76:2692-2700
- VAN VUUREN, A. M., VAN DER KOELEN, J. VROONS-DE BRUIN. Influence of the level and composition of concentrate supplements on rumen fermentation patterns of grazing dairy cows. *Neth. Journal Agric. Science*, v. 34, p.457-467, 1986.
- VILELA, D.; ALVIM, M. J.; RESENDE, J. C. Produção de leite em pastagem de coast-cross (*Cynodon dactylon l. Pers.*) suplementada estrategicamente com concentrados. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 33, 1996, Fortaleza, CE. Anais... Fortaleza:SBZ. 1996. p. 169-171.
- VILELA, D.; DE LIMA, A.; RESENDE, J. C.; DA SILVA, R. V. Desempenho de vacas da raça Holandesa em pastagem de coastcross. *Rev. Bras. Zootec.* v.35, n.2, p.555-561, 2006.
- VOELKER, J. A.; ALLEN, M. S. Pelleted beet pulp substituted for high-moisture corn:1.effects on feed intake, chewing behaviour, and milk production of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, v. 86, p.3542-3552, 2003.
- VOELKER, J. A.; ALLEN, M. S. Pelleted beet pulp substituted for high-moisture corn:3.effects on ruminal fermentation, pH, and microbial protein efficiency in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, v. 86, p.3562-3570, 2003.
- VOLTOLINI, T. V. *Adequação protéica em rações com pastagens ou com cana de açúcar e efeito de diferentes intervalos entre desfolhas da pastagem de capim Elefante sobre o desempenho lactacional de vacas leiteiras.* 2006. 168 p. Tese (Doutor em agronomia) – Universidade de São Paulo.São Paulo.
- VORAGEM, A.G.A.; SCHOLS, H.A; GRUPPEN,H. *Structural studies of plant cell-wall polysaccharides using enzymes.*In: MEUSER,F.; MANNERS,D.J.; SEIBEL, W.(Ed.). *Plant polmeric carbohydrates.* Berlin: Royal Society of chemistry, 1993, p.3-15.
- WATTIAUX, M.A. *Nutrition and alimentation:Carbohydrate metabolism in dairy cows.* 2nd edition. University of Wisconsin, Madison: 1998.
- WILKERSON V. A., GELNN B. P., McLEOD K. R. Energy and nitrogen balance in lactating cows fed diets containing dry or high moisture corn in either rolled or ground form. *Journal of Dairy Science*, v. 80, p.2487-2496, 1997.
- WILLIAMS, C. H.; DAVID, D. J.; ISMA, O. 1962. *The determination of chromic using absorption spectrophotometer.* *J. Agric. Sci.*, 59(3):381-385.
- WU, Z.; MASSINGILL, L, J.; WALGENBACH, R. P. Cracked dry or finely ground high moisture shelled corn as a supplement for grazing cows. *Journal of Dairy Science*, v. 84, p.2227-2230, 2001.
- YING,, Y.; ALLEN, M. S., VANDEHAAR, M. J., AMES N. K., Effects of fineness of grinding and conservation method of corn grain on ruminal and whole tract digestibility and ruminal microbial protein production of Holstein cows in early lactation. *Journal of Dairy Science*, v. 76 (Suppl 1), p.339, 1998.