Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"

Polpa cítrica úmida despectinada em substituição à polpa peletizada no desempenho de bovinos de corte confinados

Jhones Onorino Sarturi

Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestre em Agronomia. Área de concentração: Ciência Animal e Pastagens

Piracicaba
2008

Jhones Onorino Sarturi
Médico Veterinário

Polpa cítrica úmida despectinada em substituição à polpa peletizada no desempenho de bovinos de corte confinados

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

Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestre em Agronomia. Área de concentração: Ciência Animal e Pastagens

Piracicaba
2008

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - ESALQ/USP

Sarturi, Jhones Onorino
Polpa cítrica úmida despectinada em substituição à polpa peletizada no desempenho de bovinos de corte confinados / Jhones Onorino Sarturi. - - Piracicaba, 2008.
133 p. : il.

Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2008.
Bibliografia.

1. Bagaços 2. Bovinos de corte 3. Confinamento animal 4. Frutas cítricas 5. Polpa Silagem I. Título

CDD 636.213

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

Aos meus pais, Iraci e Onorino,
pela confiança, apoio e por terem acreditado em minhas idéias.

Aos meus irmãos, Kátia e Marcos,
pelo companheirismo e pela cumplicidade de meus atos.

À minha amada Maity,
por tudo que me completa.

DEDICO

À Equipe de Qualidade e Conservação de Forragens por mais esta etapa concluída com êxito.

OFEREÇO

EPÍGRAFE

“Em terreno disperso, una suas tropas;

em terreno fácil, mantenha ligações estreitas entre as tropas;

em terreno competitivo, deve-se acelerar a marcha;

em terreno aberto, dê mais atenção a defesa;

em cruzamento, reforce as alianças;

em terreno crítico, mantenha uma linha permanente de abastecimento;

em terreno difícil, continue sempre avançando;

em terreno vulnerável, bloqueie as passagens de acesso;

e finalmente em terreno mortífero,

lute até a morte”.

Sun Tzu

AGRADECIMENTOS

À Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, pela oportunidade de estudo durante estes anos.

Ao Prof. Dr. Luiz Gustavo Nussio, pela confiança nas atividades a mim atribuídas, pelo auxílio na elaboração deste trabalho, pelos ensinamentos e, sobretudo pela eterna amizade.

Aos Professores Wilson Soares Mattos e Flávio Augusto Portela Santos, pelos ensinamentos e apoio.

Ao Professor Gérson Barreto Mourão, pelo auxílio nas análises estatísticas.

À Professora Heloisa Lee e a Dra. Maria Antônia, pelo auxílio em análises laboratoriais.

Aos demais professores do Departamento de Zootecnia por todo aprendizado adquirido na pós-graduação.

À CAPES pela concessão de bolsa de estudo nestes anos.

Aos meus amigos, Lucas Ferreira, Lucas Mari, José Leonardo, Patrick, Mateus, Marlon, Leonardo, Sérgio Gil, Guillermo, Ana Luiza, Vanessa, Oscar e Bruna por toda dedicação e auxílio para condução deste trabalho e, sobretudo pela amizade.

Aos novos integrantes da Equipe de Qualidade e Conservação de Forragens, Thiago, Gisele, Rodrigo Goulart e Rodrigo Dener, pela amizade.

A todos os estagiários, que passaram pela equipe nestes anos, pela ajuda e amizade.

Aos funcionários do Laboratório de Bromatologia do Departamento de Zootecnia, Carla Bittar e Carlos César Alves, pela paciência e amizade.

Aos funcionários da fazenda, em especial Sr. Laureano Alves da Silva, e ao Clube de Práticas Zootécnicas (CPZ) pela colaboração com os trabalhos de campo.

Ao Professor Bianchi pela ajuda profissional e pela constante motivação pessoal.

À Empresa CP-Kelco S.A, em especial aos funcionários Zeca, Sergio e Bene, pela confiança e disposição incomparáveis.

À funcionária Tânia, por todo seu carinho e amizade.

Aos meus pais, Iraci e Onorino, que sempre me ensinaram a fazer o possível para alcançar o impossível.

Ao meu irmão, Marcos, pelo exemplo de luta e dedicação.

À minha irmã, Kátia, pelas palavras e atos que me incentivaram sempre a seguir em frente.

Aos meus queridos sobrinhos, Fabrízio e Laiza, pela inocência de seus olhares que poucas vezes assisto, mas que sempre estão em meus pensamentos.

À Dra. Maity Zopollatto pelos ensinamentos e apoio nas horas mais difíceis da condução deste trabalho.

À República Zona Rural, pelo grande apoio e pelos ótimos momentos de convivência e amizade.

Aos meus eternos amigos Juliano Ernesto e Fernando Arévalo Batista, pela grande amizade e palavras de incentivo nos momentos mais importantes de minha vida.

A todos que de maneira direta ou indireta contribuíram para a elaboração deste trabalho.

MUITO OBRIGADO!

SUMÁRIO

RESUMO....13
ABSTRACT....15
LISTA DE FIGURAS....17
LISTA DE TABELAS....19
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS....21
1 INTRODUÇÃO....23
2 DESENVOLVIMENTO....25
2.1 Revisão bibliográfica....25
2.1.1 Co-produtos na alimentação animal....25
2.1.2 Polpa cítrica peletizada....26
2.1.2.1 Desempenho de bovinos de corte....28
2.1.2.2 Composição químico-bromatológica....31
2.1.3 Polpa cítrica úmida....33
2.1.4 Aditivos na ensilagem....37
2.1.4.1 Aditivos na ensilagem de polpa cítrica úmida....38
2.1.4.2 Benzoato de sódio....40
2.1.5 Polpa de citros úmida despectinada (Braspolpa®)....43
2.2 Material e métodos....46
2.2.1 Local dos experimentos....46
2.2.2 Delineamento experimental....46
2.2.2.1 Ensaio 1....46
2.2.2.2 Ensaio 2....47
2.2.3 Instalações....47
2.2.4 Animais, rações experimentais e manejo alimentar....48
2.2.4.1 Ensaio 1....48
2.2.4.2 Ensaio 2....52
2.2.4.2.1 Confecção da silagem de PCUD....55
2.2.5 Amostragens....58
2.2.6 Avaliações no painel das silagens....59

2.2.7 Análises químico-bromatológicas 60
2.2.7.1 Amostras pré secas em estufa..... 61
2.2.7.2 Amostras úmidas 63
2.2.8 Predições de consumo voluntário, desempenho de animais e valor energético das rações 65
2.2.9 Avaliação do comportamento ingestivo 67
2.2.10 Análise estatística 68
2.3 Resultados e discussão 74
2.3.1 Ensaio 1 74
2.3.1.1 Composição químico-bromatológica dos ingredientes e das rações experimentais 74
2.3.1.2 Desempenho dos animais 78
2.3.1.3 Espessura de gordura (EGS) e área de olho de lombo (AOL)..... 90
2.3.1.4 Comportamento Ingestivo 92
3.2 Ensaio 2 95
2.3.2.1 Composição químico-bromatológica da PCUD e das rações experimentais 95
2.3.2.2 Desempenho dos animais 99
2.3.2.3 Comportamento Ingestivo 107
2.3.2.4 Avaliações no painel das silagens 108
3 CONCLUSÕES..... 119
Referências..... 121

RESUMO

Polpa cítrica úmida despectinada em substituição à polpa peletizada no desempenho de bovinos de corte confinados

O objetivo deste trabalho foi avaliar a substituição parcial (30%) da polpa cítrica peletizada (PCP) por polpa de citros úmida despectinada (PCUD) na ração de bovinos em terminação. No 1º experimento, utilizou-se a PCUD em sua forma *in natura*. Para este ensaio foram utilizados 48 machos não castrados (24 Nelore e 24 Canchim) com idade aproximada de 18 meses e peso vivo inicial de 404 e 439 kg para Nelore e Canchim, respectivamente. O delineamento utilizado foi o de blocos ao acaso com arranjo fatorial 2x2 (duas raças e dois tratamentos) com os animais agrupados por raça e peso vivo inicial. O período experimental foi de 92 dias divididos em três períodos. As rações foram compostas de bagaço de cana-de-açúcar *in natura*, PCP, farelo de soja, uréia, núcleo mineral e vitamínico, bicarbonato de sódio e monensina sódica, além da polpa de citros úmida despectinada *in natura*. No 2º experimento, utilizou-se a PCUD em sua forma ensilada, aditivada na ensilagem ou não com benzoato de sódio (0,18% da MV). Para este ensaio foram utilizados 54 machos não castrados *tricross* (Nelore/Angus ou Nelore/Santa Gertrudis x Pardo Suíço de corte) com idade aproximada de 16,5 meses e peso vivo inicial de 303 kg. O delineamento utilizado foi o de blocos ao acaso com os animais agrupados por peso vivo inicial. O período experimental foi de 91 dias divididos em três períodos. As rações foram compostas de bagaço de cana-de-açúcar *in natura*, PCP, farelo de algodão, uréia, núcleo mineral e vitamínico, bicarbonato de sódio e monensina sódica, além da PCUD ensilada com e sem benzoato de sódio. Para os dois ensaios as rações continham 85% de ingredientes concentrados e 15% de bagaço cana-de-açúcar *in natura*, formuladas de acordo com o NRC (Gado de corte) nível 1 para serem isoprotéicas e com balanço positivo de proteína degradável no rúmen e proteína metabolizável. Foram avaliados o ganho de peso diário (kg/dia de PV), o consumo de matéria seca (kg/dia de MS), a conversão alimentar (consumo de matéria seca/ganho de peso diário), a energia líquida para manutenção, ganho e energia metabolizável das rações (Mcal/kg de MS) e a relação entre a energia calculada com os dados do experimento e a predita pelo NRC (1996) nível 1 (observado/predito). Em ambos os experimentos, a substituição da PCP por PCUD aumentou a ingestão de fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido ($P<0,01$) e não afetou o consumo de matéria seca (8,05 vs. 8,13 e 7,76 vs. 7,78 kg/dia para o 1º e 2º ensaio, respectivamente), o ganho de peso diário (1,11 vs.1,16 e 1,27 vs. 1,36 kg/dia para o 1º e 2º ensaio, respectivamente) e a conversão alimentar (7,82 vs. 7,29 e 6,62 vs. 5,96 kg de MS/kg de GPD para o 1º e 2º ensaio, respectivamente). Os valores observados de energia líquida de manutenção, ganho e energia metabolizável das rações não diferiram ($P>0,05$) entre os tratamentos. Já a relação de energia (observada/predita) do tratamento com PCP foi inferior ($P<0,05$) à da ração contendo PCUD (1,15; 1,39; 1,22 vs. 1,23; 1,51; 1,28 e 1,10; 1,31; 1,18 vs. 1,18; 1,45; 1,24 Mcal/kg MS de ELm, ELg e EM para o 1º e 2º ensaio, respectivamente). A substituição parcial de PCP por PCUD *in natura* ou ensilada não alterou o desempenho dos animais.

Palavras-chave: Bagaço; Consumo; Energia Líquida; Ganho; Tourinhos

ABSTRACT

Despectinated moist citrus pulp in partial replacing of pelleted citrus pulp on beef cattle performance

The objective of this study was evaluate despectinated citrus pulp (Braspolpa®) replacing 30% of pelleted citrus pulp in feedlot beef cattle finishing diets. In the first trial, was used despectinated citrus pulp *in natura*. Forty eight yearling bulls (24 Nelore and 24 Canchim), 18 months old and averaging 404 and 439 kg initial live weight for Nelore and Canchim, respectively. The animals were assigned in a randomized block design with a 2x2 factorial scheme (two breeds and two treatments) and grouped by breed and initial live weight. Experimental period lasted 92 days, with three periods. Diets contained sugar cane bagasse *in natura*, dried citrus pulp, soybean meal, urea, mineral-vitamin mix, sodium bicarbonate, sodium monensin, and the energy sources tested (despectinated citrus pulp). In the second trial, the despectinated citrus pulp was ensiled with or without sodium benzoate (0.18% of GM). Fifty four yearling bulls (Nelore/Angus or Nelore Santa Gertrudis x Braunvieh), 16.5 months old and averaging 303 kg initial live weight. The animals were assigned in a complete randomized block design, and grouped by initial live weight. Experimental period lasted 91 days, with three periods. Diets contained sugar cane bagasse *in natura*, dried citrus pulp, cotton meal, urea, mineral-vitamin mix, sodium bicarbonate, sodium monensin, and the energy sources tested (despectinated citrus pulp with and without sodium benzoate). For these two trials, the rations were composed of 85% of the concentrate and 15% of the sugar cane bagasse *in natura*, and were balanced according to NRC (1996) level 1, to reach isonitrogeneous with positive rumen degradable protein and metabolizable protein balances. Variables evaluated were daily weight gain (DWG, kg/day), dry matter intake (DMI, kg DM/day), feed conversion (FC, kg DMI/kg DWG), net energy for maintenance and gain values, and the ratio between calculated net energy (based on experimental data) and net energy predicted by NRC (1996), level 1 (observed/predicted). In both trials, the substitution of dried citrus pulp for despectinated citrus pulp increased the NDF and ADF intakes ($P<0.01$) and did not affect ($P>0.05$) DMI (8.05 vs. 8.13 and 7.76 vs. 7.78 kg/day for the first and second trials, respectively), DWG (1.11 vs. 1.16 e 1.27 vs. 1.36 kg/day for the first and second trials, respectively), neither FC (7.82 vs. 7.29 e 6.62 vs. 5.96 kg of DM/kg for the first and second trials, respectively). Observed values for net energies of maintenance and gain did not differ among treatments ($P>0.05$). According to the experimental data, the net energy relation (observed/predicted) for the PCP treatment was lower ($P<0.05$) than PCUD treatment (1.15; 1.39; 1.22 vs. 1.23; 1.51; 1.28 and 1.10; 1.31; 1.18 vs. 1.18; 1.45; 1.24 Mcal/kg DM of NEm, NEg and ME for the first and second trials, respectively). The partial replacing of PCP for PCUD *in natura* or ensiling did not change the animal performance.

Keywords: Bagasse; Bulls; Gain; Intake; Net energy

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Estrutura química do ácido benzóico e do benzoato de sódio 41
Figura 2 - Processo de obtenção da polpa de citros úmida despectinada (Braspolpa®) 44
Figura 3 - Aspecto físico da polpa de citros úmida despectinada – PCUD (Braspolpa®) 45
Figura 4 - Polpa de citros úmida despectinada *in natura* (PCUD) estocada há quatro dias. Na foto, o detalhe com monte contendo cerca de oito toneladas.....51
Figura 5 - Manejo de descarga da polpa de citros úmida despectinada (PCUD) para ensilagem 56
Figura 6 - Aplicação de benzoato de sódio na superfície da polpa de citros úmida despectinada (PCUD).....57
Figura 7 – Comportamento das variáveis químico-bromatológicas dos tratamentos ao longo dos períodos experimentais.....87
Figura 8 – Comportamento das variáveis de desempenho e químico-bromatológicas ao longo dos períodos experimentais.....90
Figura 9 – Variáveis de composição químico-bromatológica dos tratamentos ao longo dos períodos experimentais.....103
Figura 10 – Variáveis de desempenho dos animais e composição químico-bromatológica ao longo dos períodos experimentais.....106
Figura 11 – Médias de altura total do silo e da espessura de camada deteriorada das silagens da polpa de citros úmida despectinada 110
Figura 12 – Interações dos tratamentos em função dos períodos experimentais para as avaliações do painel das silagens de PCUD 116
Figura 13 – Parâmetros avaliados no painel dos silos ao longo dos períodos experimentais 117

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Composição e componentes químico-bromatológicos das rações experimentais 49
Tabela 2 - Composição e componentes químico-bromatológicos das rações experimentais 53
Tabela 3 - Representação de diferentes tipos de fungos com sua cor, aparência, possível manifestação animal e toxinas 60
Tabela 4 – Estudo das estruturas de covariância utilizadas nas variáveis de desempenho e análises químico-bromatológicas do primeiro ensaio.....70
Tabela 5 – Estudo das estruturas de covariância utilizadas nas variáveis de desempenho, análises químico-bromatológicas e avaliações nos painéis dos silos no segundo ensaio 73
Tabela 6 – Composição químico-bromatológica dos ingredientes das rações.....75
Tabela 7 - Estatística descritiva da composição químico-bromatológica das rações experimentais e das sobras.....77
Tabela 8 - Estatística descritiva das variáveis de desempenho dos animais.....79
Tabela 9 – Consumo voluntário de fibra em detergente neutro e de fibra em detergente ácido pelos animais 83
Tabela 10 – Equações de regressão das variáveis químico-bromatológicas em função do período para os tratamentos experimentais 85
Tabela 11 – Equações de regressão dos parâmetros de desempenho e químico-bromatológicos em função dos períodos experimentais.....88
Tabela 12 – Espessura de gordura subcutânea (EGS) e área de olho de lombo (AOL) nos animais avaliados 91
Tabela 13 – Comportamento ingestivo de bovinos de corte alimentados com rações contendo ou não polpa de citros úmida despectinada.....94
Tabela 14 – Composição químico-bromatológica dos ingredientes das rações.....96
Tabela 15 - Estatística descritiva da composição químico-bromatológica das rações experimentais e das sobras.....98
Tabela 16 - Estatística descritiva das variáveis de desempenho dos animais 100

Tabela 17 – Equações de regressão das variáveis químico-bromatológicas analisadas em função do período para os tratamentos experimentais 102
Tabela 18 – Equações de regressão das variáveis químico-bromatológicas analisadas e desempenho dos animais em função dos períodos experimentais..... 104
Tabela 19 – Comportamento ingestivo de bovinos de corte alimentados com rações PCP ou PCUD ensilada com ou sem benzoato de sódio..... 108
Tabela 20 – Variáveis avaliadas nos painéis das silagens de polpa de citros úmida despectinada..... 109
Tabela 21 - Equações de regressão dos parâmetros do painel das silagens em função do período para os tratamentos 114
Tabela 22 - Equações de regressão dos parâmetros avaliados no painel das silagens em função dos períodos experimentais 117

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AGCC – ácidos graxos de cadeia curta

AGV – ácidos graxos voláteis

BIN – bagaço de cana-de-açúcar *in natura*

CHO'S – carboidratos solúveis

CA – conversão alimentar

CMS – consumo de matéria seca

DBO – demanda bioquímica de oxigênio

DVIVMS – digestibilidade verdadeira *in vitro* da matéria seca

DVIVMO – digestibilidade verdadeira *in vitro* da matéria orgânica

FDN – fibra em detergente neutro

FDNDIg – digestibilidade da fibra em detergente neutro

FDA – fibra em detergente ácido

FSDN – fibra solúvel em detergente neutro

GPD – ganho de peso diário

MS – matéria seca

MV – matéria verde

N – nitrogênio

$NaHCO_3$ – bicarbonato de sódio

NDT – nutrientes digestíveis totais

$N\text{-}NH_3$ – nitrogênio amoniacal

PB – proteína bruta

PCUD – polpa de citros úmida despectinada

PCP – polpa cítrica desidratada e peletizada

pH – potencial hidrogeniônico

PTMS – perda total de matéria seca

PV – peso vivo

UFC – unidade formadora de colônia

1 INTRODUÇÃO

Na evolução do agronegócio brasileiro, os sistemas de produção intensivos têm sido uma forma eficiente de maximizar os lucros e diminuir o ciclo da produção da carne bovina. Conseqüentemente, a genética, sanidade, manejo e principalmente os ingredientes das rações oferecidas aos animais são aspectos definitivos para o êxito da atividade. A viabilidade do sistema depende, sobretudo, da qualidade e do custo dos ingredientes fornecidos, pois são eles os principais responsáveis pelo custo da arroba dentro do processo de produção de carne bovina.

Uma das formas de maximização da lucratividade está associada à redução de custos. No entanto, a matéria prima utilizada precisa apresentar qualidade para atingir o potencial produtivo, pois do contrário os objetivos dificilmente serão alcançados. Assim, vê-se na utilização de resíduos grande potencial a ser explorado, principalmente para unidades produtivas próximas de pólos industriais, que disponibilizam estes produtos em larga escala.

A busca crescente por alternativas de ingredientes para alimentação animal visa à substituição de fontes energéticas e protéicas que permitem reduzir o custo das rações em momentos críticos enfrentados pela atividade de produção. Dessa forma, a indústria citrícola apresenta grande potencial no que diz respeito à utilização de seus resíduos, uma vez que estes podem deixar de se configurar como problemas ambientais para se tornarem boas fontes de energia para ruminantes.

A polpa de laranja desidratada (polpa cítrica peletizada - PCP) como fonte energética é um bom exemplo disso. Existem vários trabalhos na literatura respaldando positivamente a substituição parcial e até mesmo total de fontes energéticas tradicionais, como o milho, por polpa cítrica peletizada, sem que isso proporcione alteração no desempenho dos animais e simultaneamente contribua com a diminuição do custo das rações.

No entanto, o processo de desidratação do produto onera seu custo da utilização, embora ainda se constitua em boa alternativa relativa atual mercado de cereais. Outro fator relevante está associado com a acessibilidade a este co-produto. A busca intensa pelo mesmo faz com que sejam criadas escalas de entrega, fazendo com

que o produto tenha que ser adquirido, em quantidades pré-determinadas, com muitos meses de antecedência, com base em contratos de compra, caso contrário, o consumidor estará sujeito ao mercado varejista, estando, com isso, associado a custos mais elevados.

A utilização de polpa cítrica *in natura* é uma maneira de eliminar os custos originados pelo processo de secagem. Atualmente, na tentativa de utilização desta polpa úmida, empresas extraem parcialmente o constituinte nobre deste produto, a pectina, utilizada na indústria de alimentação humana e farmacêutica. Com a extração da pectina, tem-se como resíduo, a polpa de laranja úmida despectinada (Braspolpa®), produto este com custo inferior. Desta forma, este co-produto torna-se uma nova alternativa na produção de ruminantes. No entanto, é necessário o esclarecimento no que se refere aos níveis de inclusão nas rações, assim como a viabilidade do armazenamento deste co-produto.

Portanto, torna-se imprescindível a avaliação do desempenho de bovinos de corte, sob regime de confinamento, alimentados com polpa de citros úmida despectinada em sua forma *in natura* e armazenada na forma de silagem, assim como, avaliar o teor energético e composição químico-bromatológicas das rações contendo este co-produto. Medidas indicativas de perdas do painel das silagens também podem auxiliar em decisões no manejo diário e na utilização deste alimento.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Revisão bibliográfica

2.1.1 Co-produtos na alimentação animal

Nos últimos anos, as fontes tradicionais de fornecimento de energia para ruminantes, mantidos sob regime de confinamento, oriundas de grãos de cereais e tendo como principal exemplo o milho, vêm sendo substituídas por co-produtos. Estes apresentam teores energéticos semelhantes ao do milho e isso proporciona potencial de produção satisfatório (CARVALHO, 1995).

Além do teor energético intrínseco aos ingredientes, outros fatores também são importantes na produção de ruminantes, como exemplo o tipo de fermentação proporcionada pela fonte energética ofertada, já que esta representa grande parte da ração total, principalmente em rações contendo alto grão. A produção de ácido lático, característico da fermentação do amido, é uma das principais causas de distúrbios metabólicos observados em ruminantes em confinamento, devido ao abrupto abaixamento do pH ruminal. Além disso, existe ainda o prejuízo na digestão da porção fibrosa dos alimentos, proporcionado pela competição entre microrganismos e agravado pelo abaixamento do pH (KHALILI e HUHTANEN, 1991).

Os co-produtos geralmente apresentam maiores quantidades de fibra de alta digestibilidade, resultando em menores proporções de ácido lático durante a fermentação, o que possibilita melhora no ambiente ruminal (VAN SOEST, 1994). Em alguns co-produtos como a polpa de citros, a taxa de produção deste ácido forte é quase nula (HALL; PELL; CHASE, 1998). Esta melhora no ambiente ruminal talvez possa explicar o porquê dos animais apesar de consumirem a mesma quantidade de matéria seca de alimento que seus antepassados, produzirem cada dia mais. De fato, esta melhora na eficiência alimentar consiste em um dos principais objetivos da comunidade científica (EASTRIDGE, 2006).

Além dos benefícios observados durante a fermentação ruminal, outro efeito de impacto nos sistemas de produção, proporcionado pelo uso de co-produtos, ocorre no custo das rações, visto que a tonelada de energia oriunda de ingredientes alternativos, geralmente, é de custo inferior.

2.1.2 Polpa cítrica peletizada

Cerca de quarenta ou cinqüenta séculos depois de sua presumível domesticação, a cultura da laranja tem seu maior volume de produção nas Américas, onde foi introduzida há 500 anos. O Estado de São Paulo, no Brasil, e a Flórida, nos Estados Unidos, são as principais regiões produtoras do mundo (IEA, 2006).

O Brasil, impulsionado pelo crescimento das exportações e pelo desenvolvimento da indústria citrícola, é hoje o maior produtor mundial de laranjas. O Estado de São Paulo é responsável por 70% da produção nacional da fruta (mais de 14,56 milhões de toneladas) e 98% da produção de suco. Mundialmente, retém cerca de 25% da produção, o que representa cerca de 20,8 milhões de toneladas de laranja (IEA, 2006).

O principal objetivo deste produto é a extração de sua porção líquida, o suco, que representa 48% da massa total da fruta. O restante (casca, bagaço e sementes) representa 49,5%, que por sua vez precisa ser utilizado, pois caso contrário, este resíduo tornar-se-ia grande fonte de contaminação ambiental (EZEQUIEL, 2001).

Dentre as alternativas encontradas para utilização destes resíduos tem-se a alimentação animal. No entanto, um dos fatores que limitavam a venda destes resíduos para locais distantes dos pólos de produção animal era o grande conteúdo de umidade existente no material (80 a 90%). Este entrave foi solucionado por meio da produção da polpa cítrica peletizada (PCP), que é resultante do processo industrial que envolve duas etapas: duas prensagens que reduzem a umidade para 65 a 75%, e secagem, fazendo com que o produto atinja 90% de MS, para que assim possa ser peletizado (EZEQUIEL, 2001).

O valor nutricional da PCP pode se modificar dependendo da variedade, proporção de casca, sementes ou bagaço das frutas utilizadas. Outro ponto de variação se refere ao processo de secagem, podendo este estar relacionado com a indisponibilização de nutrientes devido a temperaturas elevadas normalmente utilizadas neste processo (PASCUAL; CARMONA, 1980).

Do ponto de vista nutricional, o principal carboidrato da polpa cítrica peletizada é a pectina, que possui por unidade básica o ácido galacturônico, de natureza hidrofílica, característica esta que dificulta o processo de secagem. Assim, para que se tenha êxito na obtenção do produto, a indústria adiciona hidróxido de cálcio ($Ca(OH)_2$) ou óxido de cálcio (CaO) para diminuir a natureza hidrofílica da pectina e com isso facilitar o processo de desidratação (TRIPODO et al., 2003; BAMPIDIS; ROBINSON, 2005). As quantidades adicionadas destes produtos químicos também são fontes de variação na composição bromatológica e de minerais da PCP, que por sua vez pode apresentar teor elevado de cálcio, podendo este macro elemento mineral estar contido em 1,0 a 2,0% da MS total do co-produto (PASCUAL; CARMONA, 1980; DEAVILLE; MOSS; GIVENS, 1994; NRC, 1996; BAMPIDIS; ROBINSON, 2005; VILARREAL et al., 2006).

No Brasil, a polpa cítrica desidratada e peletizada começou a ser utilizada amplamente a partir de 1998, pois antes desta data o preço do material não era atrativo para o mercado interno, já que era vendido para a exportação e seu custo superava o valor do milho grão. Com a redução das exportações realizadas para a União Européia, devido à presença da substância tóxica (dioxina) em uma das partidas do produto, a indústria deparou-se com grande quantidade do material sem comércio. Assim, o mercado nacional começou a utilizar esta alternativa energética para compor as rações de confinamentos, devido ao baixo custo do produto ofertado aos produtores nacionais e ao potencial energético proporcionado, semelhante ao do milho. De fato, a fonte contaminante era o óxido de cálcio comercializado, que seria portador de dioxina, e assim o problema fora solucionado (EZEQUIEL, 2001).

Este embargo das exportações brasileiras também poderia estar associado à política de diminuição de rebanhos da Europa, o que resultou em redução de demanda, à política protecionista praticada pela Comunidade Econômica Européia, e à própria

competição da polpa cítrica com cereais locais, como o milho, a cevada e o trigo (CARVALHO, 1995).

Sob o ponto de vista clínico, alguns problemas dermatológicos são relatados na literatura, sempre acompanhados de histórico de má conservação do produto em propriedades onde há contato do material com umidade, proporcionando crescimento de fungos e, por conseqüência, a produção de toxinas letais. Do contrário, o uso de polpa cítrica em rações não tem sido relacionado com alterações indesejáveis nas características clínicas vitais (OLIVEIRA; MELLO; ARAÚJO, 2002).

No entanto, após este marcante episódio, o preço das exportações jamais atingiu os patamares alcançados anteriormente. Isso fez com que este co-produto se tornasse atrativo financeiramente para o mercado nacional, e a sua utilização tornara-se apenas questão de acesso à informação (EZEQUIEL, 2001).

2.1.2.1 Desempenho de bovinos de corte

Diversos estudos têm demonstrado a eficácia da utilização da polpa cítrica peletizada em rações para bovinos de corte de diferentes raças e idades, avaliando dietas com diversos teores e fontes de volumosos e concentrados. Alkire (2003) reportou que a polpa cítrica é um suplemento economicamente viável para alimentação de animais em crescimento, dependendo de prévia comparação com o custo de grãos de cereais tradicionais.

Pereira et al. (2007) avaliaram a substituição do milho por polpa cítrica peletizada em rações com alto teor de concentrado (70%), utilizando como fonte de volumoso silagem de cana-de-açúcar aditivada com inoculante microbiano *Lactobacillus buchneri*. Os autores avaliaram o desempenho de tourinhos Nelore e Canchim, e observaram que os programas de formulação de ração subestimam o valor energético atribuído à PCP, pois embora os animais tenham desempenhado de forma diferente, o teor energético das rações não foi alterado.

Pereira (2005) destacou que bovinos em terminação apresentaram desempenho satisfatório quando alimentados com rações com teores mínimos ou quase nulos de

amido, quando outros carboidratos de alta degradabilidade ruminal foram fornecidos, como no caso das rações com PCP. Embora naquele estudo o ganho de peso diário (GPD) tenha sido superior (1,72 vs. 1,48 kg/dia) para os animais alimentados com rações onde a substituição de milho por PCP tenha sido parcial (50%), a ração que proporcionou maior rentabilidade foi aquela aonde a substituição do milho foi total.

A melhor rentabilidade nas rações aonde o milho foi substituído por co-produtos energéticos, dentre eles a PCP, também foi observada por Ezequiel et al. (2006). Os autores avaliaram o desempenho de bois Nelore em confinamento, com idade média de 32 meses. Na dieta, foi realizada a substituição parcial (50%) do milho moído fino por farelo de glúten de milho, casca de soja e PCP. O volumoso utilizado foi bagaço de cana-de-açúcar hidrolisado (36%) e bagaço de cana-de-açúcar *in natura,* BIN (3%), para todas as dietas. Não foi observada diferença no desempenho animal, no entanto, o custo da arroba produzida em confinamento para a ração onde o concentrado energético foi exclusivamente o milho foi de R$ 51,80. No caso daquelas onde houve substituições parciais do milho por farelo de glúten de milho, casca de soja e PCP, os custos da arroba foram de R$ 48,80, R$ 50,80 e R$ 44,20, respectivamente.

Henrique et al. (1998) não encontraram diferenças no desempenho de tourinhos Santa Gertrudis com idade média de nove meses, alimentados com polpa cítrica peletizada como única fonte de concentrado energético da ração contendo 20% de concentrado, tendo como volumoso silagem de milho (28% grãos)**.** Na ração contendo 80% de concentrado, contudo, o grão de milho proporcionou maior média de ganho de peso diário.

Embora o teor energético da PCP (82%) seja semelhante ao do milho (88%), quando são utilizadas rações com alto teor de concentrado, estas diferenças podem pronunciar-se, sendo elas de maior ou menor importância dependendo da contribuição energética oriunda da fonte de volumoso utilizada (NRC, 1996). Isso pôde ser evidenciado pelo baixo teor de grãos oriundos da silagem de milho utilizada como volumoso (28%), observado por Henrique et al. (1998). Animais alimentados com 80% de concentrado, tendo como fonte energética a PCP, também apresentaram menores ganhos de carcaça (Leme et al., 2000).

Henrique et al. (2004) avaliaram o desempenho de tourinhos Santa Gertrudis com idade aproximada de nove meses. Naquele estudo, foi ofertado como volumoso exclusivo, silagem de milho (40% de grãos), representando 20% da MS. Como concentrado energético, milho moído fino (67% da MS) e as seguintes substituições do milho moído fino por PCP (0, 38, 60 e 85%). Mesmo na dieta contendo 80% de concentrado, e a PCP substituindo o milho moído fino em 85%, o desempenho animal manteve-se estável. O maior teor de grãos na silagem de milho neste experimento (40%) pode ter contribuído para que as diferenças energéticas entre o milho moído fino e a PCP tenham sido minimizadas, fazendo com que os animais desempenhassem de forma semelhante.

Prado et al. (2000) avaliaram diferentes doses de substituição de milho por polpa cítrica peletizada, utilizando animais com vinte meses de idade (Nelore x Angus), em ração com relação volumoso concentrado 50:50, contendo silagem de milho como volumoso, e não encontraram diferenças para os níveis 40, 60, 80 e 100% de substituição. Nestas circunstâncias, a PCP mostrou-se eficiente mesmo sendo utilizada como fonte exclusiva de concentrado energético (100% de substituição).

Leme et al. (2003) avaliaram doses de inclusão de bagaço de cana-de-açúcar *in natura* (BIN) de 15, 21 e 27% como volumoso exclusivo, na ração de novilhos Nelore com 24 meses de idade. Neste estudo, utilizou-se como concentrado energético o milho grão, com inclusões de 41, 37 e 33% da MS, e de 28, 25 e 23% da MS para a PCP, referente à participação do BIN, 15, 21 e 27%, respectivamente, o que correspondeu à substituição parcial (40%) de milho grão por PCP. Os autores destacaram que não foi observada diferença para GDP e eficiência alimentar (EA) nas doses de inclusão de volumoso. Tanto a maior inclusão de concentrados (85%) assim como a menor participação deste (73%), mostraram-se indiferentes à substituição parcial de milho grão por PCP, utilizando a mesma fonte de volumoso.

Bulle et al. (2002) também avaliaram doses de inclusão de BIN de 9, 15 e 21% da MS, como única fonte de volumoso. Foram utilizados tourinhos ¾ Europeu/Zebu de raça paterna Britânica ou Continental com idade média de nove meses. O concentrado energético era constituído por milho moído fino contido em 45, 40 e 37% da MS e a PCP com 31, 28, 25% da MS, para as doses de BIN de 9, 15 e 21%, respectivamente,

resultando em substituição parcial (40%) de milho moído fino por PCP. Os animais que receberam a ração com 85% de concentrados tiveram GPD superior (1,36 vs. 1,20 kg/dia) aos animais que receberam ração contendo 91% de concentrados. Neste caso, a dose intermediária de concentrado (85%) mostrou-se mais eficiente quando comparada à maior inclusão desses ingredientes (91%). Isso corrobora os dados observados no estudo de Leme et al. (2000), onde, provavelmente, a maior inclusão de concentrados tenha sido capaz de ressaltar a diferença energética entre o milho e a PCP. No entanto, o consumo de matéria seca (CMS) foi menor (6,85 vs. 7,93 kg MS/dia) para o tratamento com 91% de concentrado, consistindo assim em fator mais relevante no que diz respeito ao GPD que a diferença energética existente entre o grão de milho e a PCP.

2.1.2.2 Composição químico-bromatológica

Os desempenhos satisfatórios obtidos com o uso da PCP como fonte energética, podem ser explicados em parte, pela elevada degradabilidade ruminal (76,07% da MS) em virtude do alto conteúdo de compostos solúveis, embora outros autores relatem coeficientes de degradabilidade inclusive superiores, superando em alguns casos os valores reportados para o milho grão (SANTOS; PEREIRA; PEDROSO, 2004).

A PCP representa fonte variável de substrato para os microrganismos ruminais. A fração de fibra em detergente neutro (FDN) que representa cerca de 25% da MS (DEAVILLE; MOSS; GIVENS, 1994; HALL, 2002), apresenta digestibilidade variando de 78 a 84%, e quando se avalia a digestibilidade total dos carboidratos, são encontrados valores próximos dos 90% (MIRON; YOSEF; BEN-GHEDALIA, 2001). Miron et al. (2002) encontraram maior digestibilidade para carboidratos totais em rações contendo PCP (77,1%) que naquelas contendo milho quebrado (72,5%). Os autores associaram esta diferença à maior quantidade de monômeros de ácidos urônicos (pectina) presentes na matéria seca da primeira ração (9,16 vs. 7,12%).

Valores de 91 e 99% de digestibilidade foram encontrados para PCP e grãos de cevada, respectivamente, por Ben-Ghedalia; Yosef e Miron (1989). Naquele estudo, os

autores avaliaram a digestibilidade e parâmetros ruminais em ovinos providos de cânula ruminal e duodenal. As rações continham 20% de feno de alfafa, e dois tipos de concentrado: PCP com farelo de soja (relação 85:15) e PCP com grãos de cevada (relação 27:73). Também foram avaliadas a produção e o perfil de ácidos graxos voláteis, observando-se na ração onde o concentrado energético era oriundo principalmente da PCP, maior porcentagem de ácido acético (69,1 vs. 65%). Segundo os autores, a maior relação acetato/propionato na ração contendo PCP e farelo de soja, revelou-se como um dos principais fatores que contribuíram para obter pH ruminal de 6,42 e 6,18 para rações contendo PCP com farelo de soja (relação 85:15) e PCP com grãos de cevada (relação 27:73), respectivamente. Este melhor ambiente ruminal, também seria um dos responsáveis pela digestibilidade da parede celular ser 16% maior na ração contendo PCP com farelo de soja.

Esse fato motivou a PCP a ser classificada como ingrediente concentrado com características de volumoso. O pH ruminal mais elevado na ração contendo PCP pôde ser explicado pela maior produção de acetato proporcionada pela fermentação da pectina existe neste co-produto, já que a produção de ácido lático, responsável por abruptas reduções no pH ruminal, promovida pela fermentação da pectina pode ser considerada nula (STROBEL; RUSSEL, 1986).

É interessante ressaltar que a PCP apresenta baixos teores de amido, compreendendo cerca de 1% da MS (HALL et al., 1997; HALL, 2002), podendo em alguns casos esta fração ser considerada como nula, quando a mesma é analisada no resíduo insolúvel em etanol (HALL et al., 1999). Isso corrobora com o tipo de fermentação ruminal proporcionada por este alimento.

Por outro lado, quando a fermentação ruminal é favorecida, o pH ruminal pode diminuir, pois a maior quantidade de ácidos graxos voláteis (AGV) ocorre ao mesmo tempo em que a produção microbiana aumenta. No entanto, esta queda no pH não seria necessariamente negativa, já que neste caso, a mesma está correspondendo a aumento na eficiência energética ruminal (NOGUEIRA et al., 2005). Os mesmos autores relataram aumento na população de protozoários ciliados no ambiente ruminal, o que favoreceu a digestão de carboidratos fibrosos no rúmen. Isso é demonstrado

quando o milho grão é substituído por PCP e a concentração molar de AGV aumenta mesmo havendo menor quantidade de amido na ração.

Dentre os principais constituintes da matéria orgânica da PCP, podem-se destacar os carboidratos, pois os mesmos representam em torno de 80% da matéria seca do co-produto. Dentre os monossacarídeos representantes desta fração, temos a glicose, xilose, arabinose, galactose, manose, frutose, e os ácidos urônicos (pectina – ácido galacturônico), representando, 29,0; 2,14; 6,8; 6,57; 2,62; 10,2 e 21,5%, respectivamente. Dentre os açúcares citados, destacam-se os ácidos urônicos (74% da pectina é representada por ácido galacturônico), que possuem aproximadamente 98% de digestibilidade (MIRON; YOSEF; BEN-GHEDALIA, 2001).

O teor de fibra solúvel em detergente neutro (FSDN) encontrado na PCP é de aproximadamente 33%. Esta fração é representada por carboidratos do tipo (1→3 e 1→4)-β-glucanas, frutanas e substâncias pécticas (HALL; PELL; CHASE, 1998; HALL, 2002). Considerando que grande parte da fibra solúvel é representada pela pectina e que aproximadamente 74% da mesma é composta por ácido galacturônico, tem-se que cerca de 24% é representado por ácidos urônicos, muito próximo do observado por Miron; Yosef e Ben-Ghedalia (2001).

2.1.3 Polpa cítrica úmida

Devido ao custo da secagem, há interesse das empresas em desenvolver mercados para a polpa cítrica úmida, que apresenta teores de matéria seca compreendidos entre 15 e 20%. Este interesse é maior para pequenas esmagadoras de laranja que estão em ascensão, ou para grandes empresas que não pretendem despender os altos investimentos necessários para a secagem da polpa de laranja, já que o investimento em secadores pode chegar a 50% do investimento total de uma fábrica de processamento de suco (CARVALHO, 1995; CHAPMAN et al., 2000).

Assim, o uso do co-produto sob forma *in natura* pode ser uma alternativa quando se tem a disponibilidade do produto a pronta entrega rapidamente, uma vez que o alto teor de umidade permite que pouca quantidade de MS seja disponibilizada para o

produtor em cada aquisição deste co-produto. Caso contrário, torna-se indispensável à estocagem do mesmo na propriedade, sob a forma de silagem, processo tal, que facilita a logística de alimentação dos animais e que pode se constituir em alternativa estratégica de compra deste co-produto em época de preço favorável (SANTOS et al., 2001).

No entanto, existem controvérsias quanto às vantagens de utilização de matérias primas com altos teores de umidade para ensilagem, pois se faz necessária grande disponibilidade de carboidratos solúveis para fermentação e, conseqüente, aumento da pressão osmótica do meio, a partir do momento que os ácidos oriundos da fermentação são produzidos (McDONALD; HENDERSON; HERON, 1991).

O teor de açúcares solúveis presentes na polpa de laranja úmida representam cerca de 25% da MS (HALL, 2002). Portanto, estes altos teores garantem condições para que este produto seja armazenado na forma de silagem, já que a fermentação no silo depende da boa quantidade de carboidratos solúveis (CHO'S) para que os microrganismos os utilizem como substrato para produção de ácido lático, o que é necessário para a estabilização da massa ensilada (McDONALD; HENDERSON; HERON, 1991).

Por outro lado, o alto valor nutritivo encontrado neste co-produto, que pode apresentar teores de nutrientes digestíveis totais (NDT) por volta de 83 a 88% (ASHBELL, 1992), pode também proporcionar rápida deterioração, caso a silagem não seja estabilizada rapidamente (CARVALHO, 1995).

As perdas durante o processo de fermentação de polpa de laranja com 13,5% de MS podem atingir teores de 40,6% da MS, sendo 7,5 pontos percentuais representados pelo efluente e 33,1 pontos percentuais representados pelos gases. Dos gases produzidos, o gás carbônico contribui com 97% (ASHBELL; DONAHAYE, 1984).

O efluente produzido apresenta teor de MS em torno de 4,5%, sendo este conteúdo representado principalmente por carboidratos solúveis em água, fração nobre do alimento. A polpa de laranja fresca pode apresentar teores de CHO'S representando 21 a 35% da MS, embora, Faria; Tosi e Silveira (1971) tenham encontrado teores de 40,09%. Já no produto ensilado, estes valores tendem a ser menores, pois muitos CHO'S são oxidados durante a fermentação, podendo variar de 5,4 a 17,3% da MS.

(ASHBELL; DONAHAYE, 1984; ASHBELL; LISKER, 1987). Esses mesmos autores destacam que, em condições de campo, onde as condições de armazenamento na maioria das vezes não são apropriadas, principalmente no que diz respeito à compactação do material e, conseqüente eliminação do oxigênio residual, as perdas geradas durante o processo de fermentação podem atingir valores de até 50% da MS.

É importante ressaltar que o efluente produzido durante o processo constitui-se em grave poluente ambiental, pois apresenta elevada demanda bioquímica de oxigênio (DBO) podendo alcançar valores variando entre 58.600 mg O_2/L (WEINBERG et al., 1988) e 78.300 mg O_2/L (ASHBELL; LISKER, 1987). Enquanto que o esgoto doméstico apresenta DBO em torno de 500 mg O_2/L (SILVA; MENDONÇA, 2003).

Ashbell e Donahaye (1986) verificaram, em estudo conduzido com silos experimentais, perdas totais de 33% da MS da silagem de polpa de laranja (21,2% MS), quando o efluente foi extraído da massa. Quando o efluente ficou retido no sistema, essas perdas atingiram valores de 26,5%. No primeiro caso, o efluente foi coletado por meio de uma válvula na base do sistema e chegou a representar nove pontos percentuais do total, sendo o restante, 23 pontos percentuais, atribuídos às perdas por gases. Estas perdas ocorreram predominantemente durante a primeira semana de ensilagem. No entanto, ao término do experimento (100 dias) as perdas ainda eram crescentes, o que sugere que quando submetida a período de armazenamento maior, a massa ensilada poderia inclusive, apresentar perdas por efluente ainda superior.

Com respeito à colonização da massa ensilada, Ashbell e Lisker (1987) encontraram perdas superficiais de silagens de polpa de laranja, armazenadas durante 142 dias, nos 15 cm abaixo da superfície, apresentando 10^{10}, 10^{7} e 10^{8} UFC/g MS para contagem de bactérias, leveduras e fungos, respectivamente. Já na camada intermediária da silagem, foram observadas apenas 10^{2} UFC/g MS de bactérias. Neste estudo, foram avaliados apenas os microrganismos aeróbios.

Ashbell (1992) destacou que o principal tipo de microrganismo responsável pelas perdas de MS na polpa de laranja são as leveduras. Estas seriam as responsáveis pelo consumo de grande parte dos CHO'S e pela produção de etanol, podendo este composto representar em torno de 16% da MS da massa ensilada. Outros produtos da fermentação como ácido lático e acético estariam em concentrações de

aproximadamente 3% da MS. No entanto, Rivas et al. (1991) encontraram teores de ácidos orgânicos no tratamento controle de silagens de polpa de laranja (22,55% de MS) de 13,8; 12,06 e 0,56% na MS para o ácido lático, acético e propiônico, respectivamente. Faria; Tosi e Silveira (1971) encontraram teores de 9,63 e 1,89% na MS para ácido lático e acético, respectivamente, em silagens de polpa de laranja com 13% de MS. Megias et al. (1993) encontraram teores de 8,3 e 5,6% na MS para ácido lático e acético, respectivamente, em silagens de polpa de laranja com 21,6% de MS, sendo que estes teores foram observados já no segundo dia de avaliação.

Ítavo et al. (2000b), em ensaio utilizando gaiolas metabólicas com ovinos, utilizaram aditivos na ensilagem de polpa de laranja (15% de MS) e relataram que a massa não alterou seu valor nutricional no momento da abertura dos silos experimentais, inclusive a do tratamento controle. A digestibilidade aparente da matéria seca, da matéria orgânica e dos carboidratos não estruturais foi alta, variando entre 82,76 e 90,15%, no entanto, sem diferenças entre os tratamentos. Os mesmos autores destacaram a silagem de polpa de laranja como sendo boa alternativa para alimentação de ruminantes, por apresentar capacidade fermentativa satisfatória, elevado valor nutritivo e consumo pelos animais, embora naquele estudo, não tenha sido avaliado o teor de CHO'S da silagem de polpa de laranja.

No estudo relativo aos parâmetros ruminais, utilizando ovinos em gaiolas metabólicas, Ítavo et al. (2000), avaliaram os teores de $N\text{-}NH_3$ e ácidos graxos voláteis, assim como o pH ruminal. Os animais foram alimentados com silagem de polpa de laranja, representando 30% da ração total (ensiladas com os mesmos aditivos do estudo anterior) e feno de aveia (70%). Os tratamentos não foram capazes de promover qualquer efeito nos parâmetros ruminais avaliados.

Diante destes resultados controversos, a investigação e o detalhamento da fermentação, na presença ou ausência de aditivos, de co-produtos úmidos são de extrema importância, assim como a estabilidade quando submetido à aerobiose, além da avaliação do desempenho de animais recebendo este tipo de alimento na ração.

2.1.4 Aditivos na ensilagem

A conservação de alimentos armazenados na forma de silagem depende, sobretudo, do padrão de fermentação que ocorre sob condições anaeróbias dentro do silo. Para que a fermentação desejável seja alcançada, são necessárias condições físicas, como tamanho de partículas, teor de matéria seca e massa específica; atributos químicos, como agentes tamponantes, carboidratos fermentáveis e ácidos orgânicos; assim como exigências microbiológicas, que por sua vez, dependendo de sua espécie, população e principalmente das condições disponíveis dentro do silo, consomem entidades bromatológicas do alimento e produzem ácidos que estabilizam a atividade microbiológica na massa (HENDERSON, 1993).

No entanto, quando os alimentos submetidos a este processo de conservação reúnem algumas características que de alguma forma desafiam a estabilidade fermentativa da massa a ser ensilada, os produtores podem lançar mão de alternativas que proporcionem melhor padrão de fermentação. O uso de aditivos, que podem ser estimulantes (aditivos sequestrantes de umidade e/ou fornecedores de CHO'S), inibitórios (aditivos químicos) ou controladores (aditivos microbianos) da atividade microbiana, se constitui em prática eficiente. No entanto, o uso de aditivos não substitui as boas práticas de ensilagem, no que diz respeito ao tamanho de partículas da forragem, compactação da massa, entre outras (McDONALD; HENDERSON; HERON, 1991).

A polpa de laranja reúne características desejáveis para fermentação anaeróbia, como alto teor de CHO'S, presença de ácido lático, pequena proporção de N-NH_3 e baixo pH na massa ensilada e, portanto, pode ser ensilada com sucesso (FARIA; TOSI; SILVEIRA, 1971; RIVAS et al., 1991; MEGIAS, et al., 1993; ÍTAVO et al., 2000a). No entanto, microrganismos como leveduras, que foram detectadas principalmente na superfície de silos de polpa de laranja, podem proporcionar perdas elevadas neste material, em especial na fase de exposição aeróbia (ASHBELL; LISKER, 1987).

2.1.4.1 Aditivos na ensilagem de polpa cítrica úmida

Pelo fato da silagem de polpa de laranja ter apresentado elevadas perdas durante o processo de fermentação e, segundo Ashbell e Lisker (1987), estas perdas poderem ser de até 50% da MS ensilada, surgiram estudos visando avaliar alternativas para que estas perdas fossem minimizadas.

Ashbell e Weinberg (1988) avaliaram o uso de hidróxido de cálcio ($Ca(OH)_2$) na concentração de 1% da MV (misturado à massa durante a ensilagem) e o processo de desidratação da polpa. Para o último, porções de polpa de laranja foram espalhadas em bandejas de metal acrescidas de cálcio e aquecidas durante 5 minutos, sendo que a temperatura atingida pela polpa, no final do processo, foi de 75 a 85^0C. Os silos experimentais foram armazenados por 36 dias. A perda total de material seca (PTMS) nos tratamentos controle, desidratado e $Ca(OH)_2$ foi de 26,6; 10,8 e 16,3%, respectivamente. O tratamento controle apresentou maior produção de efluente (3%) e de etanol (15% da MS), enquanto que os demais tratamentos apresentaram teores de 0,5 e 1,6% de efluente e, 4,6 e 11,2% de etanol, para desidratado e $Ca(OH)_2$, respectivamente.

Os mesmos autores relataram que a silagem aditivada com $Ca(OH)_2$ apresentou coloração clara, consistência firme e odor desagradável. O teor de CHO'S na polpa fresca foi de 28,7% da MS, enquanto que para as silagens os valores foram de 7,2; 26,1 e 4,0% para o controle, desidratado e $Ca(OH)_2$, respectivamente. A maior preservação de CHO'S no tratamento desidratado e a ausência de ácido lático (0,9% da MS) na silagem que recebeu este tratamento são dados sugestivos que este tratamento inibiu o crescimento microbiano na silagem. Os teores de ácido lático para os demais tratamentos foram 3,2 e 6,6% da MS para o controle e $Ca(OH)_2$, respectivamente.

A desidratação parcial da polpa de laranja parece ser alternativa racional para a conservação deste co-produto, embora este procedimento nem sempre seja factível dependendo das condições disponíveis.

No entanto, este processo não foi capaz de reduzir as perdas durante a fermentação quando comparado ao uso de ácido sórbico (0,05% da MV) misturado a massa durante a ensilagem, em estudo realizado por Weinberg et al. (1988). A polpa de

laranja ensilada com aproximadamente 40% de CHO'S, foi recuperada, após 35 dias de armazenamento, com teor de CHO'S de 12,3 e 22% da MS, para os tratamentos de desidratação e ácido sórbico, respectivamente. A produção de etanol foi maior na polpa desidratada (16 vs. 7% da MS), não diferindo do tratamento controle (16,5% da MS). Isso pode estar associado à maior quantidade de leveduras assimiladoras de lactato encontradas no efluente deste tratamento (5,4 vs. 4,5 Log UFC/g de MS), embora a contagem realizada na massa ensilada tenha sido superior para o tratamento com ácido sórbico (4,3 vs. 3,6 Log UFC/g de MS). Isso parece demonstrar que o ácido sórbico interferiu mais na atividade das leveduras do que em sua contagem propriamente dita. Assim, a PTMS observada para o tratamento de desidratação também foi maior (31 vs. 21% da MS). O uso de temperatura (35^0C) poderia ter colaborado para o desenvolvimento de microrganismos indesejáveis e/ou a ativação de enzimas como pectinases, que por sua vez realçam as perdas no processo.

O uso de uréia (1% da MV e 1,8% da MS) durante a ensilagem de polpa de laranja parece não ter surtido efeito na redução das perdas na fermentação da massa ensilada (CEVERA; CARMONA; MARTI, 1985; WEINBERG et al., 1988).

O teor inicial de CHO'S de 15% da MS foi reduzido em 50% nos primeiros três dias de fermentação, enquanto que no décimo dia, em média 80% do conteúdo inicial havia se perdido. O valor encontrado para perda total de matéria seca (PTMS) para o tratamento controle e com uréia foi de 26% da MS. O teor de proteína bruta ao término de 100 dias de ensilagem foi de 17,3% e 10,4% da MS, para os tratamentos com uréia e controle, respectivamente. No entanto, a perda de PB foi inferior para o tratamento com uréia (6,25 vs. 10,27% da PB total). A amônia livre do tratamento com uréia poderia ter sido retida nas substâncias pécticas do co-produto (CEVERA; CARMONA; MARTI, 1985). O uso de uréia não foi capaz de conter a produção de etanol na massa ensilada, atingindo teores de 13% da MS (WEINBERG et al., 1988).

Rivas et al. (1991), em estudo com silos experimentais armazenados durante o período de 100 dias, avaliaram o uso de ácido fórmico (4% da MV), polpa de beterraba desidratada (6,25% da MV) e cloreto de sódio (2,5% da MV), como aditivos para controle das perdas na silagem de polpa de laranja, e observaram teores de ácido lático de 10,23; 12,30 e 8,26% da MS, respectivamente, enquanto que, o tratamento controle

apresentou teor de 13,8% da MS, valor este considerado satisfatório para a boa conservação dessa silagem.

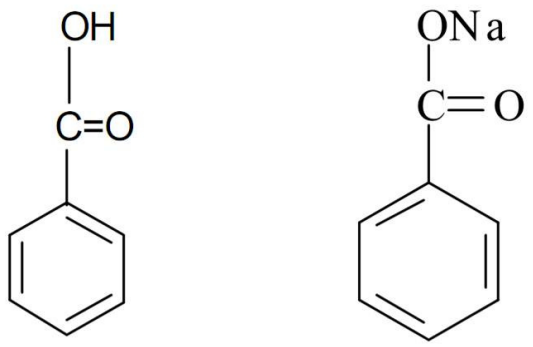
Ítavo et al. (2000) avaliaram o uso de aditivos enzimático-microbiano e químicos (ácido fórmico, propiônico e acético) na fermentação e composição da polpa de laranja armazenada sob forma de silagem, contendo teor de MS inicial de 12,1%. Apesar dos autores indicarem a necessidade de novas pesquisas, relataram que a polpa de laranja úmida pode ser eficientemente conservada sob a forma de silagem sem o uso de aditivos, uma vez que o tratamento controle não diferiu entre os demais quanto à DVIVMS (89%), FDN (19,7%), FDNDIg (94,8%), pH (3,31) e N amoniacal (4% do N total), para silagens com 13,5% de MS e armazenadas em silos experimentais pelo período de 63 dias, embora neste estudo, não tenham sido avaliadas as perdas por gases, efluente e o teor de CHO'S da silagem.

2.1.4.2 Benzoato de sódio

O benzoato de sódio ($C_7H_5O_2Na$) é um composto derivado do ácido benzóico. Ele é produzido com base na neutralização de ácido benzóico com hidróxido de sódio. Poucos países o produzem, dentre eles podemos destacar os Países Baixos, Estônia, Estados Unidos e China.

O principal mercado para este aditivo é a indústria de refrigerantes e bebidas com alta quantidade de frutose. Também é usado para conservas, molhos e suco de frutas (WIBBERTMANN et al., 2000).

É composto por uma cadeia aromática de seis carbonos mais um radical carboxílico acrescido de um sal de sódio em sua extremidade (Figura 1). Assim, pode-se dizer que o benzoato de sódio é a forma não dissociada estável do ácido benzóico. Seu peso molecular é de 144,11 e derrete a temperatura de 300^0C. É solúvel em água (530 a 630g/L a 20^0C), etanol e etilenoglicol. É relativamente higroscópico quando a umidade relativa ultrapassa teores de 50% e, em concentração de 10 g/L em água, seu pH é de 7,5 (WIBBERTMANN et al., 2000).



Ácido Benzóico **Benzoato de Sódio**

Figura 1- Estrutura química do ácido benzóico e do benzoato de sódio

O efeito antimicrobiano dos ácidos pode ser exercido por sua forma dissociada (altamente polar), onde a concentração elevada de hidrogênio no meio (baixo pH) descontrola a força próton motriz das células microbianas, fazendo com que a ATPase impulsione quantidade exagerada de hidrogênio para dentro da célula, limitando o crescimento dos microrganismos. O efeito de uma base é o contrário, a debilidade de prótons no meio faz com que a força próton motriz não seja capaz de impulsionar a ATPase microbiana, assim não sendo capaz de produzir a energia necessária para o microrganismo.

No entanto, existe outra forma de ação de muitos ácidos, que na prática é muito mais efetiva, quando o mesmo está em sua forma não dissociada. Nesta forma, o ácido é apolar, facilitando sua entrada pela membrana celular (dupla camada lipídica). Dentro do microrganismo, ele pode dissociar-se, abaixando o pH intracelular (que estava próximo da neutralidade). Isso afeta drasticamente o metabolismo celular, pois afeta o gradiente de próton e a ação de algumas enzimas (LAMBERT; STRATFORD, 1999; PALENZUELA, 2000).

Desta forma, o benzoato de sódio apresenta maior efetividade no controle microbiano, uma vez que apresenta solubilidade 200 vezes maior que a do ácido benzóico. Sua atividade antifúngica e contra leveduras também é conhecida. Geralmente, doses de 0,1% MV são suficientes para preservar produtos alimentícios

devidamente preparados e ajustados para pH de 4,5 ou menor (WIBBERTMANN et al., 2000).

O controle da atividade de leveduras é um desafio na conservação de alimentos. Quando estes microrganismos são submetidos a valores baixos de pH do ambiente (2,5) ou até mesmo valores elevados (7,5), o pH intracelular da levedura pouco se altera (KREBS; WIGGINS; STUBBS, 1983).

O estudo do uso de benzoato de sódio contra a ação de leveduras e fungos revelou alguns dados interessantes. Observou-se que quando as concentrações de benzoato de sódio atingiram teores de 5 mM, em ambiente com pH 3,5, o pH intracelular das leveduras saiu da neutralidade para atingir valores de 4,94. Ao mesmo tempo, a produção de CO_2 em anaerobiose, que era de 17,9 Mm/min por g de MV, passou para teores de 3,77 Mm/min por g de MV. Isso evidencia a ação do benzoato de sódio contra a atividade de leveduras (KREBS; WIGGINS; STUBBS, 1983).

O pH do alimento que está sendo conservado é um fator importante, uma vez que em pH mais próximo de 4, algumas leveduras mostraram-se resistentes ao benzoato e ao sorbato, o mesmo não ocorrendo em pH mais ácido (PRAPHAILONG; FLEET, 1997).

O mecanismo do benzoato de sódio contra a atividade de leveduras está relacionado com o mecanismo de glicólise destes microrganismos. Quando o mesmo entra na célula do microrganismo, na sua forma não dissociada, observa-se diminuição nas concentrações de alguns intermediários da glicólise como a frutose 1,6-bifosfato e trioses de fosfato, e o aumento de outros, como frutose 6-fosfato e glicose 6-fosfato (KREBS; WIGGINS; STUBBS, 1983; FRANÇOIS; VAN SCHAFTINGEN; HERS, 1986).

Isso levou a postular a idéia de que o benzoato de sódio estaria inibindo uma enzima chamada fosfofrutoquinase. A inibição desta enzima explicaria a alteração dos intermediários citados anteriormente. No entanto, quando a enzima foi testada individualmente com benzoato de sódio, a mesma não foi inibida. Como este processo foi acompanhado por abaixamento do pH intracelular, acredita-se que seria esta redução no pH que teria inibido a atividade da fosfofrutoquinase, já que esta enzima é sensível a este tipo de alteração. É importante ressaltar que a redução destes intermediários proporcionou a diminuição de piruvato e ATP celular e, conseqüente

aumento de AMP. Isso explica a inibição do crescimento destes microrganismos (KREBS; WIGGINS; STUBBS, 1983).

François; Van Schaftingen e Hers (1986) reportaram que o benzoato de sódio exerce efeito de inibição direta em outra enzima, a fosfofrutoquinase-2, impedindo sua fosforilação e desfosforilação. Esta enzima é responsável pela conversão da frutose 6-fosfato em frutose 2,6-bifosfato. Os demais eventos descritos foram semelhantes aos ocorridos com Krebs; Wiggins e Stubbs (1983). Nesta hipótese, o benzoato de sódio estaria exercendo ação direta sobre uma enzima. Talvez a ação direta sobre a enzima e a variação do pH intracelular estejam agindo concomitantemente para o controle desses microrganismos.

2.1.5 Polpa de citros úmida despectinada (Braspolpa®)

A polpa de citros úmida despectinada (PCUD), comercialmente chamada de Braspolpa®, é um produto oriundo do processamento industrial da laranja e/ou do limão após a extração da porção aquosa pela indústria produtora de suco. As sementes, casca e o bagaço são selecionados em sua origem (indústrias de suco) quanto ao seu aspecto e algumas análises específicas. Durante seu processamento (Figura 2), este material primeiramente é lavado com água durante 50 minutos. O efluente desta lavagem é utilizado em pomares e lavouras de cana-de-açúcar próximos à indústria. O material lavado é submetido em seguida ao tratamento com vapor à temperatura que varia entre 60 e 90°C, dependendo do tipo de pectina que se pretende produzir. Ao mesmo tempo, adiciona-se ácido nítrico na massa até que o pH em solução da mesma, no final do processo, atinja cerca de 2,4. A Braspolpa® (PCUD) é o produto que fica retido na primeira prensagem e filtragem do processo industrial, quando a pectina é parcialmente extraída em solução.

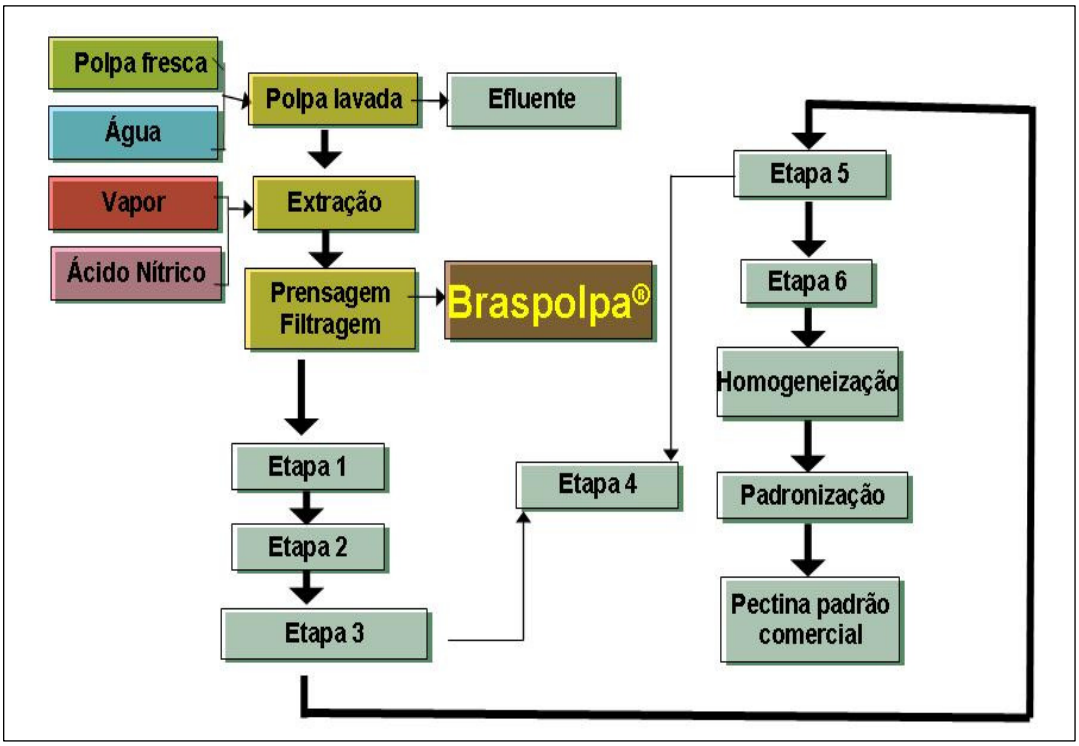


Figura 2 - Processo de obtenção da polpa de citros úmida despectinada (Braspolpa®)

O restante do material que passa por esta filtragem, segue o fluxograma até ser obtido o produto final, a pectina em padrão comercial.

Este co-produto (Braspolpa®) apresenta grande potencial para a produção de ruminantes devido a sua característica energética. Pelo fato deste produto passar por fortes processos de hidrólise (ácido nítrico), existe a possibilidade destes constituintes fibrosos estarem arranjados de forma mais disponível para a digestão pelos ruminantes.

Outra característica deste material é o baixo pH encontrado no produto final (2,4 a 3,0), o que indica a possibilidade de boas condições para a estocagem do mesmo sob a forma de silagem.

A apresentação física do co-produto (Figura 3) também é um fator que pode auxiliar no armazenamento, uma vez que o reduzido tamanho de partícula, associado à boa homogeneidade do material, auxiliam no processo de auto compactação que ocorre quando o produto é acomodado no momento em que é descarregado em local de destiva.

Figura 3 - Aspecto físico da polpa de citros úmida despectinada – PCUD (Braspolpa®)

A primeira reunião da Sociedade Brasileira de Zootecnia, realizada na Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, em julho de 1951, já abordava o emprego de co-produtos industriais utilizáveis na alimentação dos animais, assim como o volume 1, fascículo 1 da Revista Brasileira de Zootecnia de 1972 também trazia alguns artigos outra vez abordando o uso de alimentos alternativos para alimentação de ruminantes (VALADARES FILHO, 2000). Assim, a preocupação já registrada em 1951 e 1972 por pesquisadores nacionais, visando à utilização de alimentos alternativos, continua sendo assunto atual. O assunto trata de um enfoque de contemporaneidade permanente, pois pesquisas buscando a utilização de alimentos alternativos serão sempre conduzidas a fim de reduzir os custos de alimentação ou melhorar o balanceamento dos nutrientes nas rações, e tudo isso se traduz como viabilidade nos diferentes sistemas de produção.

2.2 Material e métodos

Foram realizados dois ensaios de desempenho animal utilizando PCUD. No primeiro, utilizou-se PCUD *in natura*, e no segundo, PCUD armazenada na forma de silagem com e sem aditivo químico (benzoato de sódio).

Para fins de descrição metodológica, os ensaios foram apresentados conjuntamente e, quando for o caso as particularidades serão realçadas individualmente.

2.2.1 Local dos experimentos

Os experimentos foram conduzidos nas instalações de confinamento do Departamento de Zootecnia, setor de Ruminantes, da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (USP/ESALQ), em Piracicaba/SP.

O primeiro experimento, que tratou da avaliação da PCUD *in natura*, ocorreu entre os meses de dezembro de 2005 a abril de 2006. Já no segundo experimento, a PCUD ensilada foi avaliada entre os meses de junho a setembro de 2006.

A polpa de citros úmida despectinada (PCUD) era oriunda do município de Limeira/SP e produzida pela empresa CP-Kelco S/A.

2.2.2 Delineamento experimental

2.2.2.1 Ensaio 1

O delineamento utilizado foi o de blocos ao acaso com arranjo fatorial 2x2 (duas raças e dois tratamentos), com quatro repetições, totalizando 16 unidades experimentais (baias coletivas). Os fatores de agrupamento constituíam-se da raça e do peso vivo inicial dos animais, visando compor unidades experimentais com peso inicial semelhante dentro de cada bloco.

Os tratamentos consistiram em duas rações completas balanceadas:

PCP: ração controle, sem a inclusão de PCUD *in natura*, mantendo a inclusão de PCP;

PCUD *in natura*: inclusão de PCUD *in natura* substituindo parcialmente (30%) a polpa cítrica peletizada da ração.

Este ensaio de desempenho constou de um período de adaptação de 14 dias sendo sucedido pelo período de avaliação de 92 dias.

2.2.2.2 Ensaio 2

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com três tratamentos e seis repetições, totalizando 18 unidades experimentais (baias coletivas). O fator de agrupamento utilizado foi o peso vivo inicial, visando compor unidades experimentais com peso inicial semelhante dentro de cada bloco.

Os tratamentos consistiram de três rações completas:

PCP: sem a inclusão de silagem de PCUD, mantendo a inclusão de PCP;

PCUD controle: inclusão de silagem de PCUD sem aditivo químico na ensilagem;

PCUD-B.Na: inclusão de silagem de PCUD aditivada com benzoato de sódio durante o processo de ensilagem.

Este segundo ensaio de desempenho de animais também teve a duração de 14 dias de adaptação e 91 dias de avaliação.

2.2.3 Instalações

Foram utilizadas instalações de confinamento consistindo de baias com 21 m^2 de área provida de piso de concreto, quatro metros lineares de cocho, 60% de cobertura, portões individuais para manejo e bebedouro com regulagem automática de enchimento.

O piso do confinamento era raspado semanalmente, com auxílio de tratores com lâminas. Para isso, os animais não saiam de suas respectivas baias, apenas eram

manejados com o auxílio dos quatro portões laterais presentes em cada baia. Os bebedouros eram drenados e lavados a cada dez dias.

2.2.4 Animais, rações experimentais e manejo alimentar

2.2.4.1 Ensaio 1

Foram utilizados 48 tourinhos, sendo 24 da raça Nelore e 24 da raça Canchim, com idade aproximada de 18 meses e peso vivo inicial de 404 e 439 kg, respectivamente. Esses animais eram provenientes do rebanho de seleção do Departamento de Zootecnia da USP/ESALQ.

Cada bloco era composto por duas baias de animais da raça Nelore e duas baias de animais da raça Canchim. Cada unidade experimental (baia) era composta por três animais. Os blocos foram organizados a partir do peso vivo inicial dos animais, sendo que o bloco número 1 continha os animais mais pesados e o bloco número 4 recebeu os mais leves, de acordo com o seguinte esquema:

- Bloco 1: Nelore (434 kg) e Canchim (492 kg);
- Bloco 2: Nelore (417 kg) e Canchim (450 kg);
- Bloco 3: Nelore (404 kg) e Canchim (428 kg);
- Bloco 4: Nelore (361 kg) e Canchim (383 kg).

Estes animais tiveram parte de sua recria realizada a pasto, no entanto, já vinham sendo alimentados sob regime de confinamento há quatro meses, recebendo ração com 40% de volumoso (silagem de milho).

No início do período de adaptação, os animais foram pesados, distribuídos nos respectivos blocos e receberam dose injetável de vermífugo (1 mL/kg PV) com Abamectina 1% como princípio ativo. Também receberam dose injetável única (5 mL/animal) de complexo de vitaminas lipossolúveis A, D e E.

Ao término de cada período, 35, 27 e 30 dias para o 1^0, 2^0 e 3^0 períodos, respectivamente (total 92 dias), os animais foram pesados, com jejum prévio de sólidos

de 12 horas. No último período, após a pesagem, realizou-se análise com ultra-som em tempo real no músculo *Longissimus dorsi,* com o intuito de avaliar a espessura de gordura subcutânea (EGS) e a área de olho de lombo (AOL) dos animais ao término do experimento.

As rações experimentais foram formuladas com base no teor de matéria seca dos ingredientes, visando atender as exigências de manutenção e ganho de peso dos animais, de acordo com as exigências estabelecidas pelo NRC (1996) Gado de Corte. A composição das rações e seus componentes químico-bromatológicos estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Composição e componentes químico-bromatológicos das rações experimentais

	Tratamentos[1]	
	PCP	PCUD
Ingredientes	% da matéria seca	
Bagaço de cana-de-açúcar *in natura*	15,0	15,0
Polpa cítrica peletizada	75,2	52,6
Polpa de citros úmida despectinada	-	22,6
Farelo de soja	5,0	5,0
Uréia	2,1	2,1
Bicarbonato de sódio	1,0	1,0
Mistura mineral	1,7	1,7
Componentes químico-bromatológicos[2]		
Matéria seca	79,0	38,6
Proteína bruta	14,5	13,7
Fibra em detergente neutro	36,1	45,3
Fibra em detergente ácido	25,0	33,9
Cinzas	8,1	7,2
Digestibilidade verdadeira *in vitro* da matéria seca	85,8	85,1
Fibra em detergente neutro digestível	60,9	67,2
Nutrientes digestíveis totais[3]	67,0	65,0

[1] PCP – ração contendo polpa cítrica peletizada - controle; PCUD – ração contendo PCUD *in natura*;
[2] Valores obtidos a partir de análises realizadas nas rações experimentais;
[3] Valores estimados pelo programa NRC (1996) Gado de Corte.

A mistura mineral foi formulada para conter fósforo (8%), cálcio (12%), potássio (10%), sódio (3%), enxofre (6%), cobre (550 mg/kg), cobalto (6 mg/kg), manganês (800 mg/kg), selênio (13 mg/kg), zinco (2500 mg/kg), iodo (35 mg/kg), monensina sódica (1800 mg/kg), vitamina A (130000 UI/kg), vitamina D (17000 UI/kg) e vitamina E (1500 UI/kg).

Os componentes químico-bromatológicos dos ingredientes das rações apresentados na Tabela 1 foram determinados após o término do período experimental. Assim, para a formulação das rações experimentais foram utilizadas entidades bromatológicas dos mesmos ingredientes já existentes na biblioteca do programa de formulação de ração.

A principal diferença entre os tratamentos esteve relacionada com a substituição parcial (30%) de polpa cítrica peletizada por PCUD *in natura*. Essa dose de substituição foi admitida a partir de duas observações; a primeira relacionada à quantidade de MV ofertada a cada animal, uma vez que a PCUD apresentou em média 15% de MS, e com isso, doses de inclusão maiores poderiam limitar o consumo dos animais pelo fator de enchimento ruminal; a segunda, relacionada ao equipamento existente para homogeneizar a ração, sendo esta dose de inclusão considerada como apropriada para a mistura com os outros ingredientes utilizados.

Neste estudo, a PCUD foi utilizada em sua forma *in natura*, sendo que cada nova remessa foi recebida, em média, a cada dez dias no local do experimento. Esta foi acondicionada em superfície plana de concreto e coberta por lona plástica (Figura 4). Próximo de seu término, (dois dias de antecedência) outra remessa era requerida. As quantidades em MV fornecidas eram ajustadas pelo teor de MS das remessas, sempre que as mesmas chegavam ao Departamento de Zootecnia da ESALQ. Foram recepcionadas dez cargas durante o período experimental. Para evitar fontes de variação no co-produto avaliado, utilizaram-se apenas remessas com proporções semelhantes de casca, sementes e bagaço de laranja para o ensaio experimental.

Diariamente, eram quantificadas as perdas de superfície do material. Julgava-se inapropriado para o consumo dos animais, qualquer porção da PCUD *in natura* que tivesse coloração enegrecida ou atípica. Estas porções com coloração alterada

apareciam somente na superfície do material. As mesmas eram separadas e quantificadas, sendo este manejo realizado somente na porção utilizada naquele dia.

Os animais eram alimentados durante o período matutino. Todos os dias, imediatamente antes da alimentação, as sobras eram recolhidas e pesadas. A quantidade de ração fornecida era ajustada para a ocorrência de sobras de cerca de 5%. Este ajuste era realizado a cada dois dias.

Após a limpeza dos cochos, realizava-se o primeiro turno de alimentação, sendo este o da ração controle (PCP). Designou-se este turno como sendo o primeiro, pois como o teor de MS da ração era mais elevado (85,6% da PCP vs. 42% da PCUD) neste tratamento, pouco restava para limpeza dentro do vagão misturador. Na seqüência, realizava-se o turno referente à ração PCUD, e após este, o vagão misturador era limpo novamente.

Os ingredientes eram pesados individualmente em balança com capacidade para 100 kg, com precisão de 0,1 kg (MARTE®). Os componentes utilizados em quantidades menores, como a uréia, o bicarbonato de sódio, a mistura mineral e o farelo de soja, eram acrescentados lentamente junto à massa total, visando maior homogeneidade da ração fornecida.

Figura 4 - Polpa de citros úmida despectinada *in natura* (PCUD) estocada há quatro dias. Na foto, o detalhe com monte contendo cerca de oito toneladas

Utilizou-se vagão misturador com capacidade de 4 m^3 (SILTOMAC® Ração Total – 203) com sistema de mistura de barras horizontais para a homogeneização das rações. Este vagão forrageiro era equipado com balança eletrônica, com sistema de pesagem a partir de células eletrônicas individuais, com precisão de 2 kg. Esta balança foi utilizada para quantificar a ração fornecida em cada baia.

2.2.4.2 Ensaio 2

Foram utilizados 54 tourinhos *tricross*. Este cruzamento genético foi composto a partir da inseminação artificial de fêmeas (F1) da raça Nelore/Angus ou Nelore/Santa Gertrudis com sêmen de touro Pardo Suíço de Corte. A idade dos mesmos estava compreendida entre 16 e 17 meses e os animais eram provenientes de uma fazenda particular localizada próxima ao local do experimento.

Cada bloco era composto por três baias (unidade experimental), com três animais cada. Os blocos foram organizados a partir do peso vivo inicial dos animais, sendo que o bloco de número 1 continha os animais mais pesados e o bloco número seis os mais leves, apresentando pesos médios de 342, 322, 303, 296, 283 e 272 kg para os blocos 1, 2, 3, 4, 5 e 6, respectivamente.

No início do período de adaptação, os animais foram pesados, distribuídos nos respectivos blocos e receberam dose injetável de vermífugo (1 mL/kg PV) com Abamectina 1% como princípio ativo. Também receberam dose injetável única (5 mL/animal) de complexo de vitaminas lipossolúveis A, D e E.

Ao término de cada período, 30, 31 e 30 dias para o 1^0, 2^0 e 3^0 períodos, respectivamente (total 91 dias), os animais foram pesados, com jejum prévio de sólidos de 12 horas.

As rações experimentais foram formuladas com base na matéria seca dos ingredientes, visando atender as exigências de manutenção e ganho de peso dos animais de acordo com as exigências do NRC (1996) Gado de Corte. A composição das rações e seus componentes químico-bromatológicos podem ser observados na Tabela 2.

Tabela 2 - Composição e componentes químico-bromatológicos das rações experimentais

	Tratamentos[1]		
	PCP	PCUD	PCUD-B Na
Ingredientes	% da matéria seca		
Bagaço de cana-de-açúcar *in natura*	15,04	15,06	15,06
Polpa cítrica peletizada	75,35	52,75	52,75
Polpa de citros úmida despectinada	-	22,6	-
Polpa de citros úmida despectinada com B. Na[2]	-	-	22,6
Farelo de algodão	5,05	5,18	5,18
Uréia	1,92	2,05	2,05
Bicarbonato de sódio	0,96	0,96	0,96
Mistura mineral	1,68	1,68	1,68
Componentes químico-bromatológicos[3]			
Matéria seca	80,1	37,3	36,4
Proteína bruta	14,4	14,7	14,7
Fibra em detergente neutro	38,9	47,2	47,9
Fibra em detergente ácido	24,4	33,9	34,5
Cinzas	8,3	7,4	7,2
Digestibilidade verdadeira *in vitro* da matéria seca	87,0	84,6	84,2
Fibra em detergente neutro digestível	66,5	67,3	66,9
Nutrientes digestíveis totais[4]	66,0	64,0	64,0

[1] PCP – ração controle contendo PCP; PCUD – ração contendo PCUD ensilada sem aditivo químico; PCUD-B Na – ração contendo PCUD ensilada com benzoato de sódio;
[2] B.Na – benzoato de sódio;
[3] Valores obtidos a partir de análises realizadas nas rações experimentais;
[4] Valores estimados pelo programa NRC (1996) Gado de Corte.

A mistura mineral foi formulada para conter fósforo (8%), cálcio (15%), potássio (10%), sódio (2%), enxofre (8%), cobre (500 mg/kg), cobalto (4 mg/kg), manganês (1300 mg/kg), selênio (13 mg/kg), zinco (2500 mg/kg), iodo (35 mg/kg), monensina sódica (1800 mg/kg), vitamina A (250000 UI/kg), vitamina D (20000 UI/kg) e vitamina E (1500 UI/kg).

Os componentes químico-bromatológicos dos ingredientes das rações apresentados na Tabela 2 foram determinados após o término do período experimental. Assim, para a formulação das rações experimentais, foram utilizadas entidades

bromatológicas dos mesmos ingredientes já existentes na biblioteca do programa de formulação de ração.

A dose de inclusão de PCUD ensilada foi a mesma utilizada no ensaio 1. A principal diferença entre os tratamentos esteve relacionada com a aplicação ou não de benzoato de sódio na superfície da PCUD durante o processo de ensilagem.

Os animais foram alimentados durante o período vespertino. Todos os dias, imediatamente antes da alimentação, as sobras eram recolhidas e pesadas. A quantidade de ração fornecida era ajustada para a ocorrência de sobras de cerca de 5%, sendo este ajuste realizado a cada dois dias.

Após a limpeza dos cochos, realizava-se o primeiro turno de alimentação, sendo este o da ração controle (PCP). Designou-se este turno como sendo o primeiro, pelos mesmos motivos do experimento anterior. Na seqüência, realizava-se o turno referente à ração PCUD e após este, o vagão misturador era limpo novamente e realizava-se o último turno (PCUD-B Na).

Na mistura da ração contendo o co-produto úmido, o mesmo era carregado primeiro, utilizando a própria balança do vagão misturador para quantificá-lo. Os ingredientes utilizados em menores proporções, como o farelo de soja, a uréia, a mistura mineral e o bicarbonato de sódio eram pesados individualmente em balança com capacidade para 100 kg, com precisão de 0,1 kg (MARTE®). Estes mesmos ingredientes eram acrescentados lentamente junto à massa total, visando maior homogeneidade da ração fornecida.

Utilizou-se vagão misturador com capacidade de 4 m^3 (SILTOMAC® Ração Total – 203), com sistema de mistura de barras horizontais para a homogeneização das rações. Este vagão forrageiro era equipado com balança eletrônica, com sistema de pesagem a partir de células eletrônicas individuais, com precisão de 2 kg. Esta balança foi utilizada para quantificar a ração fornecida em cada baia.

Durante todo o segundo período de avaliação, o vagão misturador citado anteriormente permaneceu sob manutenção. Assim, fez-se necessária a utilização do vagão reserva, com capacidade para 7,5 m^3 (CASALE® - Totalmix 403). No entanto, apesar deste implemento conseguir manter a mesma homogeneidade de mistura da ração, o mesmo não dispunha de balança eletrônica. Para quantificação da ração

fornecida, utilizou-se a mesma balança de pesagem dos ingredientes, agora, para todos os componentes da ração.

Este manejo adicional determinou maior demanda de tempo para a alimentação dos animais, em média, duas horas a mais que o arraçoamento convencional, uma vez que o material destinado a cada baia era pesado individualmente em baldes plásticos com capacidade de 30 L.

2.2.4.2.1 Confecção da silagem de PCUD

A ensilagem da PCUD ocorreu nos dias 27 e 28 de janeiro de 2006 e os silos começaram a ser utilizados para alimentação dos animais no dia três de junho de 2006, portanto, a PCUD ficou armazenada por período de aproximadamente 127 dias. Para evitar fontes de variação na PCUD, foi ensilado apenas o co-produto contendo cascas, sementes e bagaço de laranja para o ensaio experimental.

Dois silos do tipo superfície foram confeccionados, contendo, em cada um, aproximadamente 70 toneladas do produto. A PCUD foi acomodada sobre uma lona plástica preta com espessura de 200 micras para evitar o contato da massa ensilada com o solo. Devido ao aspecto físico do material, a massa ensilada não foi acomodada ou compactada com maquinários e o monte contendo a PCUD foi mantido com a mesma conformação com que foi descarregado na superfície, sendo realizados pequenos ajustes para o material que era depositado fora da lona.

Como o material era descarregado abruptamente no solo, não houve muita oportunidade de manipulação da massa a ser acomodada. Uma das alternativas encontradas foi controlar o deslocamento do caminhão para frente conforme a caçamba era elevada. O objetivo final era deslocar o mínimo possível a massa, fazendo com que o produto se acomodasse ao ser descarregado. Para que o produto não fosse depositado fora da lona plástica e também para evitar que o caminhão não promovesse danos à lona com o rodado, uma extremidade da lona foi fixada e a outra foi enrolada próximo ao último eixo traseiro do caminhão. Assim, conforme o caminhão foi se

deslocando, a lona foi sendo desenrolada e a PCUD foi depositada sobre a mesma (Figura 5).

Figura 5 - Manejo de descarga da polpa de citros úmida despectinada (PCUD) para ensilagem

O primeiro silo finalizado foi aquele referente ao tratamento contendo PCUD sem nenhum tipo de aditivo químico. Após as 70 toneladas terem sido depositadas por meio de cinco cargas sucessivas, uma lona plástica preta de 200 micras de espessura foi utilizada para cobrir o silo. A borda excedente da lona que estava embaixo da massa foi enrolada conjuntamente à lona da superfície e mantidas pressionadas por sacos de areia acondicionados a cada metro ao redor de todo o silo. Para esta quantidade de PCUD armazenada, foi necessária, no momento da ensilagem, cerca de 90 m^2 (18 x 5 m) a uma altura de 1,3 m. Após o período de armazenamento, em virtude do declive do terreno e da acomodação da massa, o silo passou a ocupar área com cerca de 150 m^2 (20 x 7,5 m) e com altura no centro da massa de aproximadamente 0,45 m.

Para o segundo silo, a quantidade de PCUD e logística de ensilagem foram similares ao primeiro. A única diferença foi a aplicação do aditivo químico benzoato de sódio, que era de origem chinesa e foi adquirido ao custo de R$ 5,60/kg em embalagem de 25 kg.

Foi utilizada a dosagem de 0,18% de benzoato de sódio por kg de MV. Como a prática de homogeneização do aditivo na massa não era possível, o benzoato de sódio foi aplicado apenas na porção superficial do silo. Assim, para o cálculo da quantidade de produto a ser utilizada, adotou-se tratar cerca de 20% da MV do silo, pois se estimou que esta seria a quantidade de PCUD presente na camada superficial de aproximadamente 20 cm do silo. O benzoato de sódio foi diluído em água deionizada (360 g/L), com o objetivo de se obter cinco litros de calda para cada tonelada de MV a ser tratada.

Para a aplicação do benzoato de sódio (Figura 6), foi utilizado pulverizador do tipo bomba costal com pressão acumulada, (Brudden®), com capacidade de 15 L e outra com capacidade de 7,6 L (Brudden®). Esta última foi utilizada pelo encarregado de aplicar o aditivo no topo da massa, caminhando sobre toda a superfície central do silo.

Figura 6 - Aplicação de benzoato de sódio na superfície da polpa de citros úmida despectinada (PCUD)

Embora quantidade similar de PCUD tenha sido ensilada, o posicionamento diferente deste silo (área mais inclinada) fez com que o mesmo ocupasse área menor, no momento da ensilagem, de 80 m^2 (16 x 5 m) a altura de 1,4 m. Após o período de

armazenamento, o silo passou a ocupar a área de 128 m^2 (16 x 8 m) com altura no centro da massa de aproximadamente 0,40 m.

2.2.5 Amostragens

No ensaio com a PCUD *in* natura, quinzenalmente, foram colhidas amostras individuais (200 g) dos ingredientes (BIN, PCP e farelo de soja) para posteriores análises químico-bromatológicas. Para a PCUD *in natura*, as amostragens foram realizadas sempre que o produto foi recepcionado no departamento, sendo que para esta, a quantidade coletada foi de 500 g. Todas as amostragens foram realizadas coletando-se em cinco pontos distintos da massa.

Para a ração fornecida, eram realizadas amostragens semanais (200 g), sendo as mesmas realizadas em cada baia, logo após a realização do arraçoamento. As amostragens de sobras eram realizadas no dia subseqüente ao oferecimento das rações e após sua quantificação. Para estas, estipulou-se a colheita em três pontos distintos.

Após pré-secagem e moagem, realizou-se procedimento para compor as amostras, homogeneizando as quatro amostras (do referido período) em uma única. Esta amostra composta era a representante da baia no determinado período.

Praticamente o mesmo esquema de amostragens foi seguido para o ensaio com a PCUD ensilada. Neste, o concentrado protéico utilizado foi o farelo de algodão e a PCUD agora foi originária de dois silos (silo controle e silo contendo benzoato de sódio). As amostragens das silagens ocorreram semanalmente, sendo uma alíquota de 500 g destinada ao mesmo procedimento citado anteriormente e, outra da mesma quantidade, destinada ao congelamento (- 20°C).

No momento da retirada do painel para o preparo da ração total, todo o material considerado inapropriado ao consumo dos animais (aspecto ou coloração diferente da observada no centro da massa) era coletado em recipientes plásticos para posterior pesagem.

Quinzenalmente, eram coletadas amostras do material deteriorado das superfícies dos silos para determinação do teor de matéria seca, e posterior quantificação das perdas.

2.2.6 Avaliações no painel das silagens

Com o intuito de quantificar e qualificar as perdas ocorridas no painel dos silos durante sua utilização, alguns procedimentos foram realizados diariamente. Estas medidas serviram como caráter auxiliar na avaliação do benzoato de sódio como agente antifúngico e, ao mesmo tempo, como parâmetro sanitário de qualificação do alimento fornecido aos animais.

Antes do arraçoamento ser realizado, os painéis dos silos eram expostos e realizava-se a avaliação visual, preferencialmente sempre pela mesma pessoa, e objetivando o julgamento da coloração encontrada na superfície do material (porção deteriorada) e no painel do silo (somente na porção considerada apropriada para o consumo). Como critério subjetivo adotado, uma nota, de zero a cinco, era atribuída para a presença das seguintes colorações: manchas brancas; branco pleno; branco com pontos pretos; azulado; vermelho felpudo; vermelho sangue e cinza escuro. Este critério foi adotado com o intuito também de monitorar a presença possível de fungos com potencial patogênico, uma vez que não existem relatos ou dados de conservação desse co-produto avaliado. O significado de cada cor avaliada pode ser observado na Tabela 3.

Tabela 3 - Representação de diferentes tipos de fungos com sua cor, aparência, possível manifestação animal e toxinas

Fungo	Cor	Aparência	Conseqüência	Toxina
Geotrichum	Branco	Manchas	Redução no consumo	Não
Byssochlamys	Branco	Pleno	Prejudica ruminação	Patulina
Mucorales	Branco	Pontos pretos	Redução no consumo	Não
Penicillium	Azulado	Verde ao ar	Redução no consumo	Neurotoxina
Fusarium	Vermelho	Felpudo	Reduz consumo/ Diarréia	Zearalenona/ Vomitoxina
Monascus	Vermelho	Sangue	Problemas ruminais	Citrinina (raro)
Aspergillus fumigatus	Cinza/ escuro	Difuso	Aborto/micose pulmonar	Neurotoxina desconhecida

Planilha adaptada do prospecto produzido pela Empresa Lallemand, para avaliação e monitoramento de painéis de silagens de forragens (Adaptado de Jouany e Diaz, 2005).

Após a avaliação da coloração, com auxílio de régua graduada, foi mensurada a altura do silo (do solo até a superfície externa da massa ensilada) e a altura da porção considerada deteriorada na superfície. Por diferença, obteve-se a altura da massa considerada apta para o consumo. Estas medidas eram tomadas a cada 20 cm de distância horizontal e realizadas por toda a extensão do painel dos silos.

Pequenas porções das silagens (50 g) consideradas apropriadas para o consumo dos animais, retiradas em dois pontos do painel do silo, eram coletadas sempre antes da remoção do painel para avaliação de pH. Este procedimento era realizado no Laboratório de Bromatologia com o auxílio de potenciômetro digital (DIGIMED® – DM20).

2.2.7 Análises químico-bromatológicas

As análises químico-bromatológicas foram realizadas no Laboratório de Bromatologia do Departamento de Zootecnia da Universidade de São Paulo (USP/ESALQ).

2.2.7.1 Amostras pré secas em estufa

As amostras de ração fornecida, sobras e ingredientes individuais da ração foram pré-secadas em estufa com ventilação de ar forçada, reguladas à temperatura de 55°C, pelo período de 72 horas. (CAMPOS; NUSSIO; NUSSIO, 2002). Após este procedimento, ao término de cada período, todas as amostras foram moídas em moinho do tipo Wiley provido de peneira com orifícios de 1mm de diâmetro.

Foi determinado, para todas as amostras, o teor de matéria seca (MS) em estufa a 105°C durante o período de 12 horas de exposição, e de cinzas em mufla à temperatura de 550°C durante 3 horas (AOAC, 1990).

Os teores de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) foram determinados pelo método seqüencial com o uso de sulfito de sódio e sem a adição de enzima amilase termoestável (VAN SOEST; ROBERTSON; LEWIS, 1991), com auxílio do analisador de fibra modelo ANKON Fiber Analyser (ANKON® Technology Corp.), descrito por Holden (1999). Os valores obtidos foram corrigidos para o teor de matéria seca a 105°C das amostras e cinzas, após a incineração dos saquinhos. O teor de hemicelulose foi calculado com base na diferença entre os teores de FDN e FDA. Estas análises foram realizadas para as todas as amostras.

Apenas para as amostras de polpa cítrica peletizada realizou-se a adaptação no método original descrito por Holden (1999). Na metodologia padrão recomenda-se utilizar aproximadamente 0,50 g de amostra por saquinho (ANKON®). No entanto, após o procedimento de lavagem das unidades com água quente e posteriormente com acetona, ainda restou na superfície dos mesmos uma camada viscosa, provavelmente representada por parte da pectina que não fora totalmente extraída da amostra. Assim, os valores de FDN, por sua vez, foram superestimados, já que parte da fibra solúvel ainda restou na superfície do saquinho. Por experiência prévia adquirida no laboratório para determinação de FDN em amostras de PCP, utilizou-se então, apenas 0,30 g de amostra em cada unidade. Com esta quantidade de amostra, não se observou a formação da camada viscosa na superfície dos saquinhos, não alterando assim os resultados.

A determinação de nitrogênio total foi realizada com base na combustão das amostras pelo analisador da marca LECO® (WILES; GRAY; KISSLING, 1998), modelo FP-528 com temperatura para combustão de 835°C. O teor de proteína bruta (PB) foi obtido por meio da multiplicação do teor de nitrogênio total por 6,25. Este equipamento calculou o teor de N total da amostra de acordo com peso aferido antes da análise e, portanto, os resultados foram corrigidos para o teor de MS, em estufa a 105°C, das amostras.

As digestibilidades verdadeiras *in vitro* da matéria seca (DVIVMS) e da matéria orgânica (DVIVMO) foram determinadas utilizando o sistema de análise com o auxílio do incubador do tipo DAISY^{II} (*Incubator ANKON® technology*) durante 48 h (HOLDEN, 1999), seguido da lavagem em solução detergente neutro sem amilase (VAN SOEST; ROBERTSON; LEWIS, 1991), para remoção de células microbianas e frações solúveis remanescentes. Esta é uma adaptação do método de dois estágios proposto por Tilley e Terry (1963). No final destes procedimentos e após a secagem dos saquinhos em estufa com ventilação forçada de ar a temperatura de 105°C, durante 24h, tem-se um resíduo constituído basicamente pela porção fibrosa indigestível do alimento. De posse destes valores e do teor de FDN presente nas amostras originais, determinou-se também o teor de fibra em detergente neutro digestível (FDNDIg) (BALLARD et al. 2001; LEWIS; COX; CHERNEY, 2004). Apenas as amostras de sobras não foram analisadas para os parâmetros de digestibilidade.

Para a determinação de fibra solúvel em detergente neutro (FSDN), utilizou-se a metodologia de fracionamento de carboidratos solúveis em etanol, descrita por Hall et al. (1999). Esta metodologia consiste na extração de constituintes solúveis em etanol 80% (ácidos orgânicos, monossacarídeos, oligossacarídeos, proteína solúvel e outros extratos). O resíduo insolúvel em etanol (RIE) é composto por FDN, amido, nitrogênio insolúvel em etanol (NRIE) e FSDN (frutanas, substâncias pécticas, (1→3) (1→4) β-glucanas). Quando se determinam no RIE as frações amido, NRIE e dispõe-se do valor de FDN da amostra original, por diferença pode-se calcular a FSDN. Esta por sua vez tem como principal representante a pectina. Para determinação do teor de nitrogênio do resíduo insolúvel em etanol (NRIE) utilizou-se o método Macro Kjeldahl, segundo Campos, Nussio e Nussio (2002).

O conteúdo de amido em amostras de PCP é pequeno, em torno de 1 % da MS. Como as análises de FDN foram realizadas sem o uso de amilase, ao descontar-se esta fração do RIE, possivelmente já se subtraiu, automaticamente, o teor de amido das amostras, embora parte do amido seja solúvel em solução detergente neutro. Portanto, a fração amido não foi determinada nas amostras, uma vez que as rações avaliadas eram compostas por aproximadamente 75% de PCP e 15% de BIN (produto que também não contém amido).

Foram realizadas amostras de triagem para a determinação da massa específica e detecção de aflatoxinas (B_1, B_2, G_1, G_2) nas silagens de PCUD com benzoato de sódio e controle. Parte das amostras que eram coletadas semanalmente para as análises químico-bromatológicas foram secas em estufa 55°C, moídas em peneira de malha 1 mm, homogeneizadas e enviadas para o Laboratório de Micotoxinas do Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição da Universidade de São Paulo, USP/ESALQ. A metodologia de extração das aflatoxinas foi realizada segundo AOAC (1995), utilizando o método número 970.45 e, purificação empregando coluna de florisil (VARGAS et al., 2000). A quantificação foi realizada por cromatografia em camada delgada empregando padrões quantitativos. O limite de detecção e quantificação da metodologia empregada é de 2,0 µg/kg, para cada aflatoxina avaliada.

Para o cálculo do teor de NDT dos ingredientes, utilizou-se a metodologia do NRC (2001). Para isso, fez-se necessário utilizar valores médios de extrato etéreo, nitrogênio insolúvel na fibra em detergente ácido e lignina, uma vez que estas entidades não foram determinadas.

2.2.7.2 Amostras úmidas

Foram processadas amostras das silagens de PCUD oriundas do silo controle e do silo aditivado quimicamente com benzoato de sódio. Inicialmente foi obtido o extrato aquoso das amostras por meio do processamento de 25 g (Liquidificador Industrial TA-02 Skymsen®) juntamente com 225 mL de água deionizada, durante 60 segundos. Após a leitura do pH, com auxílio de potenciômetro digital (DIGIMED® – DM20), o material foi

filtrado em filtros de papel Whatman® número 541. Toda a alíquota filtrada e homogeneizada foi transferida para tubos de ensaio e acrescida de três gotas de ácido sulfúrico 50% e centrifugada durante 15 minutos a 10.000 rpm (KUNG, Jr., 1996). O sobrenadante, extrato aquoso, foi pipetado em tubos eppendorff (1,5 mL), em quadruplicata, e mantido sob refrigeração (-20°C) para posterior determinação do teor de carboidratos solúveis (CHO'S), ácido lático (AL) e ácidos graxos voláteis (AGV).

O teor de CHO'S foi determinado com auxílio do espectrofotômetro (modelo 6405 UV/Vis., JENWAY®) calibrado para comprimentos de onda de 490 nm, segundo Dubois et al. (1956). Este método foi adaptado para a concentração da amostra analisada. Utilizou-se diluição de dez vezes (50 µL de amostra com 450 µL de água deionizada), para que o teor de CHO'S das amostras pudesse estar contido na curva padrão.

Para avaliação do teor de ácido lático, também se utilizou o espectrofotômetro, no entanto, calibrado para comprimentos de onda de 565 nm, segundo Pryce (1969). Foi realizada adaptação na concentração de ácido lático no reagente padrão, de 0,4 mg/mL para 4 mg/mL, a fim de ajustar a curva padrão aos teores de ácido lático encontrados na silagem de PCUD.

Os AGV (ácido acético, propiônico e butírico) nas silagens foram determinados em cromatógrafo líquido-gasoso, segundo Palmquist e Conrad (1971). O equipamento utilizado foi um CLG (Hewlett Packard Company® 5890 serie II), equipado com braço mecânico (HP integrator 3396 serie II, Hewlett Packard Company®). As amostras foram previamente preparadas e armazenadas sob refrigeração (-20°C) em recipientes apropriados ao equipamento, contendo 800 µL do extrato de PCUD, 200 µL de ácido fórmico e 100 µL de padrão interno. Este padrão interno, previamente preparado, era constituído de 1,1610 mL da solução de ácido 2-etilbutírico, diluído em 10 mL de etanol e água deionizada. Antes da leitura das amostras do presente estudo, o equipamento foi calibrado com padrões de amostras conhecidas.

2.2.8 Predições de consumo voluntário, desempenho de animais e valor energético das rações

O valor energético das rações e as predições do consumo de matéria seca e ganho de peso diário dos animais foram realizados com base no programa de formulação de ração do NRC, BEEF CATTLE REQUIREMENT SOFTWARE (NRC, 1996), programado para o nível 1(*Tabular System*). Para porcentagem de gordura corporal (*Grading System*) utilizou-se o nível 2, que considera teor de 26,8%; para o peso na maturidade (*Mature Weight*) admitiu-se valores de 540 e 600 kg e, para o peso médio dos animais no confinamento, os valores de 450 e 496 kg para os animais das raças Nelore e Canchim, respectivamente. Para os cálculos, foram utilizadas unidades métricas (*Metric Units*) e quantidades estabelecidas de acordo com teor de matéria seca dos ingredientes.

Para as predições iniciais, adotou-se como valor de NDT 82% para a polpa cítrica peletizada, 82% para o farelo de soja e 40% para o bagaço de cana-de-açúcar *in natura*. Posteriormente, estes valores foram corrigidos de acordo com a estimativa realizada pelo NRC (2001), com base em dados obtidos das análises químico-bromatológicas. Para os valores de entidades químico-bromatológicas, que não foram determinadas nos procedimentos laboratoriais descritos, utilizou-se os valores tabulares oferecidos pelo próprio programa de formulação.

No segundo ensaio, quando se utilizou a PCUD ensilada e animais do tipo *tricross*, foram seguidos os mesmos procedimentos, com exceção do farelo de soja, que foi substituído pelo farelo de algodão (75% de NDT). Para o programa de formulação, utilizou-se o nível 1 (*Tabular System*); para porcentagem de gordura corporal (*Grading System*) utilizou-se o nível 2, que considera teor de 26,8%; para o peso na maturidade (*Mature Weight*) admitiu-se valor de 570 kg e para o peso médio dos animais no confinamento o valor de 363 kg. Para os cálculos, foram utilizadas unidades métricas (*Metric Units*) e quantidades estabelecidas de acordo com o teor de matéria seca dos ingredientes.

Com base nos dados de CMS e GPD observados a campo, foi possível estimar a energia líquida das rações. Os cálculos de energia líquida de manutenção (ELm) e de

ganho (ELg) foram obtidos conforme proposto por Zinn e Shen (1998), por meio das equações 3 e 4, respectivamente**.** Para tal, foi necessário calcular as exigências de manutenção (Em) e de ganho (Eg), em Mcal/dia, com base nas fórmulas 1 e 2, respectivamente, propostas por Lofgreen e Garrett (1968) e NRC (1984), respectivamente. Para os dados de consumo de matéria seca (CMS), ganho de peso diário (GPD) e média de peso vivo (PV), foram utilizadas as médias observadas nos animais pertencentes a cada baia (unidade experimental).

(1) $Em = 0{,}077 \times PV^{0{,}75}$

(2) $Eg = (0{,}0493 \times PV^{0{,}75}) \times GPD^{1{,}097}$

(3) $ELm = (- b \pm((b^2) - (4ac))^{0{,}5}) / (2c)$

$a = - 0{,}41 \times Em$

$b = 0{,}877 \times Em + 0{,}41 \times CMS + Eg$

$c = - 0{,}877 \times CMS$

(4) $ELg = 0{,}877 \times ELm - 0{,}41$

De posse destes dados, puderam-se calcular os valores observados de concentração de energia. Os valores preditos para estes parâmetros foram obtidos com base nas estimativas do programa de formulação de ração (NRC, 1996) nível 1, sendo os valores tabulares de alguns constituintes dos ingredientes substituídos pelos valores químico-bromatológicos encontrados nas análises realizadas, para que o NDT da ração pudesse ser calculado pelo programa. Também foi calculada a relação energia líquida observada/predita.

O cálculo de energia metabolizável da PCUD (EM_{PCUD}) utilizando o método de substituição proposto por Zinn et al. (2002) foi obtido na seqüência. Esta metodologia torna-se interessante apenas quando a única fonte de variação na energia da ração é o ingrediente a ser avaliado, possibilitando desta forma obtenção de valores mais precisos de energia metabolizável do alimento em questão. Esta metodologia permite

comparar o valor energético apenas com o alimento controle utilizado no experimento, sugerindo se o mesmo é similar, inferior ou superior.

Para efetuar os cálculos, fez-se necessário calcular a energia metabolizável das rações ($EM_{RAÇÃO}$), dada em Mcal/kg MS, segundo NRC (1996) utilizando a fórmula 5 e, para o cálculo da EM_{PCUD}, utilizou-se a fórmula 6, proposta por Zinn; Owens e Ware (2002).

(5) $EM_{RAÇÃO} = (ELm + 0,696)/0,91$

(6) $EM_{PCUD} = [(EM_{RAÇÃO\ PCUD} – EM_{RAÇÃO\ CONTROLE}) / \%\ PCUD\ na\ ração] + 2,75$

A ração controle descrita acima (equação 6), contém como fonte energética apenas a polpa cítrica peletizada e, a energia metabolizável adotada para este ingrediente (2,75) foi calculada segundo o NRC (1996), utilizando o valor de NDT estimado pelo NRC (2001) com base nas análises químico-bromatológicas realizadas no presente estudo.

2.2.9 Avaliação do comportamento ingestivo

No primeiro ensaio, avaliando PCUD *in natura*, as observações relativas ao comportamento ingestivo foram realizadas no terceiro período experimental, quando os animais completaram 77 dias de confinamento. As observações tiveram início no período matutino, próximo das 8 h e 30 min, logo após o início do fornecimento das rações e, persistiram durante 24 h consecutivas, até o final do arraçoamento do dia subseqüente.

Durante o período noturno, as luzes do confinamento não foram acesas, com o intuito de não interferir na rotina dos animais, sendo a visualização realizada por meio de lanternas.

As avaliações foram realizadas em intervalos de 10 minutos, quando foram anotadas as seguintes atividades: tempos de ruminação, ócio, consumo de alimento e

ingestão de água. O tempo de mastigação foi determinando a partir da soma do tempo que o animal passou ruminando e o tempo que passou consumindo alimento (KONONOFF; HEINRICHS; LEHMAN, 2003). Os resultados foram apresentados em minutos de determinada atividade por dia. Para isso, admitiu-se que após a avaliação, os animais permaneceram os dez minutos subseqüentes realizando a mesma atividade comportamental.

De posse da quantidade oferecida de alimento por baia (unidade experimental) e das sobras do dia seguinte, assim como do teor de matéria seca e das avaliações químico-bromatológicas de ambos, foi possível determinar o tempo de ingestão, mastigação e ruminação, por quilograma de MS e de FDN (MAEKAWA; BEAUCHEMIN; CHRISTENSEN, 2002).

Os animais dentro das baias coletivas (três animais por baia) não foram identificados, assim, obteve-se a avaliação da atividade dentro de cada unidade experimental, e não individualmente dos animais.

Para o segundo experimento, contendo PCUD ensilada, as avaliações de comportamento ingestivo foram realizadas no segundo período experimental, quando os animais completaram 60 dias de confinamento. As observações tiveram início no período vespertino, próximo das 14 h e 30 min, logo após o início do fornecimento das rações e, persistiram durante 24 h consecutivas, até o final da alimentação do dia seguinte. As demais avaliações receberam os mesmos critérios utilizados no experimento anterior.

2.2.10 Análise estatística

No primeiro ensaio, PCUD *in natura*, os dados referentes à composição químico-bromatológica das rações e de desempenho dos animais foram analisados seguindo o delineamento experimental proposto (blocos casualisados com arranjo fatorial 2x2) e caracterizados como medidas repetidas no tempo, uma vez que as avaliações foram agrupadas por períodos. Assim, utilizou-se o procedimento PROC MIXED, do programa estatístico SAS versão 9.0, para análise das variáveis. As médias foram comparadas

pelo teste de quadrados mínimos (LSMEANS), com nível de significância de 5%. As interações de tratamento e raça foram desdobradas. As demais interações que envolvem período, quando significativas (P<0,05), não foram desdobradas e sim estudadas com base em equações de regressão.

O modelo estatístico para a avaliação do primeiro ensaio (PCUD *in natura)* de desempenho e das respectivas entidades bromatológicas, foi o seguinte:

$$Y_{ijkl} = \mu + t_i + r_j + tr_{ij} + b_k + \partial_{ijk} + p_l + pt_{li} + pr_{lj} + ptr_{lij} + \sum_{ijkl}$$

onde:

$Y_{ijkl} =$ observação referente ao tratamento i, na raça j, na repetição k, no período l

$\mu =$ média geral

$t_i =$ efeito do tratamento i, = 1, 2

$r_j =$ efeito da raça j, = 1, 2

$tr_{ij} =$ interação entre os efeitos tratamento raça ij, = 1,...4

$b_k =$ efeito do bloco k, = 1,...4

$\partial_{ijk} =$ erro experimental parcial

$p_l =$ efeito do período l, = 1,...3

$pt_{li} =$ interação entre os efeitos período tratamento li, = 1,...6

$pr_{lj} =$ interação entre os efeitos período raça lj, = 1,...6

$ptr_{lij} =$ Interação entre os efeitos período tratamento raça lij, = 1,...12

$\sum_{ijkl} =$ erro experimental associado às observações

As variáveis de desempenho e as entidades bromatológicas foram avaliadas como medidas repetidas no tempo, justificando o uso do modelo misto. Assim, para estes parâmetros, realizou-se o estudo de estrutura de covariância para identificação

das matrizes mais adequadas para a análise estatística, sendo estas expostas na Tabela 4 (FREITAS, PRESOTTI; TORAL, 2005).

Tabela 4 – Estudo das estruturas de covariância utilizadas nas variáveis de desempenho e análises químico-bromatológicas do primeiro ensaio

Variáveis[1]	Estrutura de covariância utilizada[2]
FDN fornecido; CMSFDN; CMSFDA	CS
DVIVMS; FDA sobras; Cinzas sobras; Peso inicial; Peso final; CMS cinzas; DVIVMS (i); DVIVMO (i); FDNDIg (i)	AR(1)
Hemicelulose fornecido; Proteína bruta sobras; Espessura de gordura	UN
GPD; CMS%PV; Conversão alimentar; Cinzas fornecido; FDNDIg; CMS proteína bruta; ELm(o); EM(o); ELm(o/p); ELg(o/p); MS; MS (i); FDN (i); FDA (i); Proteína bruta (i); Cinzas (i); Nutrientes digestíveis totais (i); FSDN; Área de olho de lombo	SIMPLE
CMS; FDN sobras; Hemicelulose sobras; CMS hemicelulose	ANTE(1)
Proteína bruta fornecido; ELg(o); EM(o/p)	ARH (1)
DVIVMO	HF

[1] FDN – fibra em detergente neutro; FDA – fibra em detergente ácido; CMS – consumo de matéria seca; DVIVMS – digestibilidade verdadeira *in vitro* da matéria seca; DVIVMO – digestibilidade verdadeira *in vitro* da matéria orgânica; FDNDIg – digestibilidade da fibra em detergente neutro; GPD – ganho de peso diário; %PV – porcentagem do peso vivo; PB – proteína bruta; (i) – ingrediente; (o) – observado; (p) – predito; (o/p) – observado/predito; MS – matéria seca; FSDN – fibra solúvel em detergente neutro;
[2] CS – Simétrica composta; AR (1) – Auto-regressiva de primeira ordem; UN – Não-estruturada; SIMPLE – Simples; ANTE (1) – Ante-dependente de primeira ordem; ARH (1) – Auto-regressiva heterogênea de primeira ordem; HF – Huynh-Feldt.

Para a avaliação do comportamento ingestivo utilizou-se o valor, em minutos, de cada atividade durante as 24 h de avaliação. Assim, utilizou-se o procedimento PROC MIXED do programa estatístico SAS versão 9.0 e as médias comparadas pelo teste de quadrados mínimos (LSMEANS), com nível de significância de 5%. O modelo estatístico para a avaliação do comportamento ingestivo do primeiro experimento foi o seguinte:

$$Y_{ijk} = \mu + t_i + r_j + tr_{ij} + b_k + \sum_{ijk}$$

onde:

$Y_{ijk} =$ observação referente ao tratamento i, na raça j, na repetição k

$\mu =$ média geral

$t_i =$ efeito do tratamento i, = 1, 2

$r_j =$ efeito da raça j, = 1, 2

$tr_{ij} =$ interação entre os efeitos tratamento raça ij, = 1,...4

$b_k =$ efeito do bloco k, = 1,...4

$\sum_{ijk} =$ erro experimental associado às observações

Para o segundo ensaio, PCUD ensilada, os mesmos procedimentos analíticos foram utilizados, diferindo apenas no delineamento experimental utilizado (blocos casualisados) e as médias testadas pelo teste Tukey.

Na Tabela 5, pode ser observado o estudo de estruturas de covariância utilizadas para análise estatística das variáveis de desempenho e entidades químico-bromatológicas avaliadas no segundo experimento (FREITAS, PRESOTTI; TORAL, 2005).

O modelo estatístico para a avaliação do segundo ensaio (PCUD ensilada*)* de desempenho de animais e das respectivas entidades bromatológicas, foi o seguinte:

$$Y_{ijk} = \mu + t_i + b_j + \partial_{ij} + p_k + pt_{ik} + \sum_{ijk}$$

onde:

$Y_{ijk} =$ observação referente ao tratamento i, na repetição j, no período k

$\mu =$ média geral

$t_i =$ efeito do tratamento i, = 1,...3

$b_j =$ efeito do bloco j, = 1,...6

$\partial_{ij} =$ erro experimental parcial

$p_k =$ efeito do período k, = 1,...3

$pt_{ik} =$ interação entre os efeitos período tratamento ki, = 1,...9

$\sum_{ijk} =$ erro experimental associado às observações

O modelo estatístico para a avaliação do comportamento ingestivo do segundo experimento, foi o seguinte:

$$Y_{ij} = \mu + t_i + b_j + \sum_{ij}$$

onde:

$Y_{ij} =$ observação referente ao tratamento i, na repetição j

$\mu =$ média geral

$t_i =$ efeito do tratamento i, = 1,...3

$b_j =$ efeito do bloco j, = 1,...6

$\sum_{ij} =$ erro experimental associado a todas as observações

As variáveis de desempenho e as entidades bromatológicas foram avaliadas como medidas repetidas no tempo, justificando o uso do modelo misto. Assim, para estes parâmetros, realizou-se o estudo de estrutura de covariância para identificação das matrizes mais adequadas para a análise estatística, sendo estas expostas na Tabela 5 (FREITAS, PRESOTTI; TORAL, 2005).

Tabela 5 – Estudo das estruturas de covariância utilizadas nas variáveis de desempenho, análises químico-bromatológicas e avaliações nos painéis dos silos no segundo ensaio

Variáveis[1]	Estrutura de covariância utilizada[2]
CMS; CMS %PV; Proteína bruta (f); CMS FDN; CMS FDA; CMS proteína bruta	CS
FDN (s); FDA (s); Proteína bruta (s); CMS hemicelulose; DVIVMS (i); DVIVMO (i); FDNDIg (i)	AR (1)
Energia líquida de manutenção (o/p); kg (d); pH (f)	UN
GPD; Hemicelulose (f); Cinzas (f); DVIVMS; DVIVMO; FDNDIg; Hemicelulose (s); Energia líquida de manutenção (o); Energia metabolizável (o); ELg (o/p); MS (i); FDN (i); FDA (i); Proteína bruta (i); FSDN (i); NDT (i); Ácido acético (i); Ácido butírico (i); Cinzas (s); ácido lático; Azulado (f); Vermelho (d); escuro (d)	SIMPLE
ELg(o); Energia metabolizável (o/p); MS (s); escuro (f)	ANTE (1)
Média de peso vivo; Ácido propiônico; carboidratos solúveis (i); Altura total do silo; Altura (d)	ARMA (1,1)
Conversão alimentar; FDN (f); FDA (f); Peso inicial; Peso final; Branco seco (d); Azulado (d)	ARH (1)
CMS cinzas; MS (f)	HF
Cinzas (s)	TOEP
Hemicelulose; Branco seco (f); Branco compacto (f) e (d)	VC

[1] (f) – fornecido; FDN – fibra em detergente neutro; FDA – fibra em detergente ácido; CMS – consumo de matéria seca; DVIVMS – digestibilidade verdadeira *in vitro* da matéria seca; DVIVMO – digestibilidade verdadeira *in vitro* da matéria orgânica; FDNDIg – digestibilidade da fibra em detergente neutro; GPD – ganho de peso diário; %PV – porcentagem do peso vivo; PB – proteína bruta; (i) – ingrediente; (o) – observado; (p) – predito; (o/p) – observado/predito; (s) – sobras; MS – matéria seca; ELg – Energia líquida de ganho; FSDN – fibra solúvel em detergente neutro; NDT – nutrientes digestíveis totais; - (d) – deteriorado;

[2] CS – Simétrica composta; AR (1) – Auto-regressiva de primeira ordem; UN – Não-estruturada; SIMPLE – Simples; ANTE (1) – Ante-dependente de primeira ordem; ARMA (1,1) – Auto-regressiva moving average de primeira ordem ; ARH (1) – Auto-regressiva heterogênea de primeira ordem; HF – Huynh-Feldt; TOEP – Toeplitz; VC - Componentes de variância.

O modelo estatístico utilizado para a avaliação dos parâmetros coletados nos painéis dos silos de polpa de citros úmida despectinada, foi o seguinte:

$$Y_{ijk} = \mu + t_i + d_j + \partial_{ij} + p_k + pt_{ik} + \sum_{ijk}$$

onde:

$Y_{ijk} =$ observação referente ao tratamento i, na repetição j, no período k

$\mu =$ média geral

$t_i =$ efeito do tratamento i, = 1, 2

$d_j =$ efeito do dia j, = 1,...80

$\partial_{ij} =$ erro experimental parcial

$p_k =$ efeito do período k, = 1,...3

$pt_{ik} =$ interação entre os efeitos período tratamento ik, = 1,...6

$\sum_{ijk} =$ erro experimental associado às observações

2.3 Resultados e discussão

2.3.1 Ensaio 1

2.3.1.1 Composição químico-bromatológica dos ingredientes e das rações experimentais

A composição químico-bromatológica dos ingredientes das rações podem ser observados na Tabela 6.

Elevada proporção das rações experimentais (52,6 e 75,2% para a ração PCUD e PCP, respectivamente) era composta por polpa cítrica peletizada. Assim, pequenas variações ocorridas neste ingrediente podem ter gerado alterações significativas nos valores preditos pelo programa de formulação de ração, dada sua dose de inclusão.

Pereira et al. (2007) observaram teores de 76,62; 7,77; 7,44; 23,43 e 22,15%, para NDT, PB, cinzas, FDN e FDA, respectivamente, para a PCP. Naquele estudo,

calculou-se também a concentração de energia líquida de manutenção e de ganho das rações contendo PCP e milho moído fino, cujo NDT foi de 88% e, não foram observadas diferenças significativas. Isso é um forte indício da subestimação do teor energético da PCP nos cálculos de NDT quando se utiliza as equações de Weiss; Conrad e Pierre (1992), já que estas mesmas equações são utilizadas pelo NRC (2001). No presente estudo, o teor de NDT observado aproximou-se ao relatado por Pereira et al. (2007) conforme apresentado na Tabela 6.

O valor estimado de NDT para a PCUD de 67,7% (Tabela 6) sugere desempenho animal inferior quando comparado à PCP, embora esta hipótese não tenha se consolidado no presente experimento.

Tabela 6 – Composição químico-bromatológica dos ingredientes das rações

Entidades bromatológicas	Ingredientes[1]				
	PCUD	PCP	EPM	BIN	FS
Matéria seca, %***	14,82[b]	85,59[a]	0,9	58,11	85,96
Fibra em detergente neutro, % MS***	69,29[a]	22,65[b]	3,1	87,43	26,51
Fibra em detergente ácido, % MS***	57,46[a]	17,29[b]	3,5	57,51	12,62
Hemicelulose, % MS***	11,83[a]	5,35[b]	0,8	19,92	13,9
Fibra solúvel em detergente neutro, % MS***	22,81[b]	35,32[a]	3,1	-	-
Proteína bruta, % MS**	6,8[b]	7,9[a]	0,4	3,7	53,25
Dig. verdadeira *in vitro* da MS, %***	87,0[b]	95,3[a]	1,3	27,82	98,82
Dig. verdadeira *in vitro* da MO, %***	87,9[b]	96,0[a]	1,3	27,51	99,78
Dig. fibra em detergente neutro, %	81,3[a]	80,7[a]	1,3	17,56	95,09
Cinzas, % MS***	0,68[b]	6,0[a]	0,1	7,98	6,17
Nutrientes digestíveis totais[2], % MS***	67,7[b]	77,3[a]	1,0	34,9	77,1

[1] PCUD – polpa de citros úmida despectinada *in natura*; PCP – polpa cítrica peletizada; BIN – bagaço de cana-de-açúcar *in natura*; FS – farelo de soja; EPM – erro padrão da média; Minúsculas na linha diferem entre si; ** significativo (P<0,05); *** significativo (P<0,01);
[2] Calculado segundo a metodologia do NRC (2001).

O baixo teor energético encontrado para o BIN (34,9%) pode ser explicado, ao menos em parte, pelo alto teor de cinzas encontrado no material (7,98%). Isso pode ser indicativo da presença de impurezas no BIN utilizado neste experimento, uma vez que normalmente são encontrados teores próximos de 2% para esta entidade bromatológica

(NRC, 1996; NRC, 2001), embora Gutmanis (1990), Nussio (1993) e Hausknecht (1996) tenham encontrado teores de 3,48; 3,40 e 3,48% da MS, respectivamente, para este parâmetro. Em algumas cargas recepcionadas de BIN era possível encontrar contaminantes grosseiros como pedras misturadas ao material. Embora, Berndt (2000) tenha relatado o teor de 30% de NDT para o BIN, a literatura geral (NRC, 1996; MANZANO et al., 2000; NRC, 2001) sugere que o valor encontrado no presente estudo situa-se abaixo do normal. Os demais parâmetros determinados na composição químico-bromatológica estão em conformidade com a literatura (NRC, 1996; MANZANO et al., 2000; NRC, 2001).

Quanto aos teores de FSDN, já era esperado valor inferior (22,81% da MS, P<0,01) para a polpa de citros úmida despectinada, uma vez que este co-produto fora parcialmente despectinado por meio de processo químico agressivo. Este valor residual de FSDN (Tabela 6) sugere que após o processo industrial, cerca de 65% da FSDN (β-glucanas e pectina) ainda está presente na matéria seca do co-produto. Este fato pode corroborar porque não foi observada diferença no desempenho dos animais alimentados com esta fonte alternativa de energia em relação à PCP exclusiva (Tabela 8). Quanto à polpa cítrica peletizada, teores próximos de 35% para FSDN são comumente encontrados para este co-produto (HALL; PELL; CHASE, 1998; HALL, 2002), concordando com os resultados encontrados.

A estatística descritiva da composição químico-bromatológica das rações experimentais e das sobras pode ser observada na Tabela 7.

A ração contendo PCUD apresentou teores de FDN e FDA maiores (P<0,01) que a ração contendo exclusivamente PCP (Tabela 7). A PCUD apresentou teores maiores (P<0,01) de FDN e FDA (69,29 e 57,46%, respectivamente), e este co-produto substituiu a polpa cítrica peletizada, que por sua vez apresentou teores de 22,65 e 17,29% para FDN e FDA, respectivamente. Assim, esta observação está de acordo com a expectativa inicial.

Estas mesmas diferenças foram observadas, para estes dois parâmetros, nas sobras das rações (Tabela 7). O conteúdo de fibra maior nas sobras da ração PCUD também já era esperado, uma vez que a ração fornecida aos animais, neste tratamento, já continha maior teor (P<0,01) desta entidade bromatológica. No entanto, as sobras da

ração PCP apresentaram teores superiores (P<0,05) de PB e cinzas, indicando que a ração PCP proporcionou maior seletividade aos animais. Esse fato também foi evidenciado visualmente nas sobras diárias deste tratamento, pois algumas baias apresentaram maior proporção de polpa cítrica e outras maior conteúdo de BIN. Esta heterogeneidade visual e numérica (Tabela 7) não foi observada nas sobras da ração contendo PCUD.

Tabela 7 - Estatística descritiva da composição químico-bromatológica das rações experimentais e das sobras

Variáveis[1]	Médias[2]					Efeitos[3]			Interações			
	PCP	PCUD	NEL	CAN	EPM	R	T	P	TxR	TxP	RxP	TxRxP
Fornecido												
MS, %	79,0	38,6	59,0	58,6	0,41	ns	***	***	ns	***	ns	ns
FDN, % MS	36,1	45,3	40,6	40,8	1,11	ns	***	ns	ns	ns	ns	**
FDA, % MS	25,0	34,0	29,5	29,5	0,75	ns	***	ns	ns	**	ns	**
HEM, % MS	11,1	11,4	11,1	11,3	0,39	ns	ns	***	ns	ns	ns	ns
PB, % MS	14,5	13,7	13,9	14,4	0,30	ns	ns	***	ns	***	ns	ns
DVIVMS, %	85,8	85,1	85,6	85,3	0,82	ns	ns	***	ns	ns	ns	ns
DVIVMO, %	86,2	85,7	86,2	85,7	1,00	ns	ns	***	ns	ns	ns	ns
FDNDIg, %	63,3	64,8	64,1	64,0	1,12	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Cinzas, % MS	8,1	7,2	7,6	7,7	0,13	ns	ns	***	ns	ns	ns	ns
Sobras												
MS, %	79,1	33,9	55,8	57,1	0,92	ns	***	**	**	ns	ns	ns
FDN, % MS	34,5	54,4	45,2	43,7	1,47	ns	***	***	ns	***	ns	ns
FDA, % MS	23,9	41,6	33,5	32,0	1,18	ns	***	***	ns	***	ns	ns
HEM, % MS	10,6	12,8	11,6	11,7	0,44	ns	***	ns	ns	ns	ns	ns
PB, % MS	17,2	13,4	15,7	14,9	0,58	ns	***	ns	ns	ns	ns	ns
Cinzas, % MS	11,3	7,9	10,2	9,0	0,51	ns	***	***	ns	***	ns	ns

[1] MS – matéria seca; FDN – fibra em detergente neutro; FDA – fibra em detergente ácido; HEM – hemicelulose; PB – proteína bruta; DVIVMS – digestibilidade verdadeira *in vitro* da matéria seca; DVIVMO – digestibilidade verdadeira *in vitro* da matéria orgânica; FDNDIg – digestibilidade da fibra em detergente neutro;

[2] PCP – ração sem a adição de polpa de citros úmida despectinada; PCUD – ração contendo polpa de citros úmida despectinada; NEL – ração fornecida aos animais de raça Nelore; CAN – ração fornecida aos animais de raça Canchim; EPM – erro padrão da média;

[3] R – raça; T – tratamento; P – período; ** - significativo (P<0,05); *** - significativo (P<0,01); ns – não significativo.

A heterogeneidade entre material fornecido e sobra, observada na ração PCP, pode estar relacionada ao maior (P<0,05) teor de matéria seca observado na ração fornecida (78,96%) neste tratamento, quando comparado ao da ração PCUD (38,61%). Leonardi; Giannico e Armentano (2005) observaram que rações com menores teores de matéria seca (64,4 vs. 80,8%) diminuem o poder de seleção sobre as partículas de alimento ofertado a bovinos, e isso proporciona maior ingestão de conteúdo fibroso pelos animais. Os mesmos autores destacaram que tais diferenças, associadas a maiores ingestões de fibra em rações, podem ajudar a explicar melhores ambientes ruminais observados em rações úmidas.

2.3.1.2 Desempenho dos animais

A estatística descritiva das variáveis de desempenho dos animais pode ser observada na Tabela 8.

Para o parâmetro conversão alimentar (CA), não foi observado diferença (P>0,05) entre tratamentos ou raças (Tabela 8). A ausência de efeito significativo para a CA entre as raças se deveu ao fato de que os animais da raça Canchim consumiram maior (P<0,01) quantidade de MS e por sua vez também apresentaram maior (P<0,01) GPD. Já os animais de raça Nelore, apresentaram consumo de MS menor (P<0,01), compatível com GPD inferior (P<0,01).

Para as rações formuladas, o programa de formulação predisse CMS de 11 e 10,9 kg, nos animais da raça Canchim, para os tratamentos PCUD e PCP, respectivamente. Para os animais da raça Nelore, a predição de consumo foi de 10,1 e 10,2 kg de MS, para os tratamentos PCUD e PCP, respectivamente. Como exposto na Tabela 8, os valores para CMS observados no experimento estiveram aquém dos esperados e não ocorreu diferença entre os tratamentos (P>0,05). Um dos fatores que pode ter contribuído para este evento seria o baixo valor nutritivo do BIN, uma vez que este volumoso foi utilizado nas duas rações. Leme et al. (2003) observaram CMS próximos ao do presente estudo (8 kg), para os animais Nelore e, redução linear no CMS à medida que o teor de BIN aumentou de 15 para 27% na MS da ração. Embora o

CMS também possa ter sido afetado por outros fatores, como o alto teor de polpa cítrica na ração, o menor valor observado para este parâmetro em relação ao predito, sugere também que os animais não estiveram sob efeito de ganho compensatório.

Tabela 8 - Estatística descritiva das variáveis de desempenho dos animais

Variáveis[1]	Médias[2]					Efeitos[3]			Interações			
	PCP	PCUD	NEL	CAN	EPM	R	T	P	TxR	TxP	RxP	TxRxP
PVI, kg	424	419	404	438	18,07	***	ns	ns	ns	ns	***	ns
PVF, kg	525	525	495	555	16,53	***	ns	***	ns	ns	**	ns
GPD, kg/d	1,11	1,16	1,00	1,27	0,06	***	ns	**	ns	ns	ns	ns
CMS, kg MS/d	8,05	8,13	7,14	9,04	0,15	***	ns	***	ns	ns	ns	ns
CMS, % PV	1,70	1,73	1,60	1,83	0,06	***	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CMS FDN, kg/d	2,89	3,58	2,82	3,65	0,14	***	***	ns	ns	ns	ns	ns
CMS FDA, kg/d	2,00	2,67	2,04	2,63	0,09	***	***	***	**	ns	ns	ns
CMS HEM, kg/d	0,88	0,90	0,78	1,01	0,04	***	ns	***	ns	ns	ns	ns
CMS PB, kg/d	1,12	1,11	0,95	1,28	0,03	***	ns	***	ns	**	ns	ns
CMS cinzas, kg/d	0,60	0,57	0,50	0,67	0,02	***	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CA *kg MS/kg GPD*	7,8	7,3	7,8	7,3	0,5	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Energia líquida Observada (Mcal/kg)												
Manutenção	2,00	2,04	2,04	2,00	0,04	ns	ns	***	ns	ns	ns	ns
Ganho	1,35	1,38	1,38	1,35	0,03	ns	ns	***	ns	ns	ns	ns
EM	2,97	3,00	3,01	2,97	0,04	ns	ns	***	ns	ns	ns	ns
Energia líquida Observada/Predita												
Manutenção	1,15	1,23	1,20	1,18	0,02	ns	**	***	ns	ns	ns	ns
Ganho	1,39	1,51	1,47	1,44	0,03	ns	**	***	ns	ns	ns	ns
EM	1,22	1,28	1,26	1,24	0,01	ns	**	***	ns	ns	ns	ns

[1] PVI – peso vivo inicial; PVF – peso vivo final; GPD – ganho de peso diário; CMS – consumo de matéria seca; FDN – fibra em detergente neutro; FDA – fibra em detergente ácido; HEM – hemicelulose; PB – proteína bruta; CA – conversão alimentar; EM – energia metabolizável;
[2] PCP – ração sem a adição de polpa de citros úmida despectinada; PCUD – ração contendo polpa de citros úmida despectinada; NEL – ração fornecida aos animais de raça Nelore; CAN – ração fornecida aos animais de raça Canchim; EPM – erro padrão da média;
[3] R – raça; T – tratamento; P – período; ** - significativo (P<0,05); *** - significativo (P<0,01); ns – não significativo.

Por outro lado, o GPD observado, de 1,16 e 1,11 kg/dia (Tabela 8), foi superior ao predito pelo programa, 0,60 e 0,70 kg para os tratamentos PCUD e PCP,

respectivamente. Isso revela a possibilidade de que os teores energéticos utilizados pelo programa de formulação, calculados de acordo com o NRC (2001) utilizando os valores de composição químico-bromatológicas analisadas em laboratório (Tabela 6), foram subestimados.

Embora, nesse estudo, não tenha sido possível estimar o teor de cada entidade bromatológica consumida pertencente aos ingredientes de forma individual, a composição químico-bromatológica da ração consumida pelos animais pode ser calculada por meio da relação entre o CMS e o CMS das entidades bromatológicas (Tabela 8). Ao realizar este exercício, observa-se que o conteúdo bromatológico fornecido aos animais é próximo do que foi consumido pelos mesmos. Assim, torna-se pouco provável a associação das diferenças de estimativa de desempenho dos animais com a variação do consumo de ingredientes. No entanto, isso poderia ser confirmado por meio da identificação individual dos ingredientes consumidos com o uso de marcadores.

Outra possibilidade para essa subestimação do teor energético das rações, pode estar parcialmente relacionada com a digestibilidade da fração fibrosa (FDN) apresentada pelas amostras de PCP e PCUD, 80,7 e 81,3%, respectivamente (Tabela 8), uma vez que, o NRC (2001) prediz digestibilidade para o FDN da PCP de apenas 63%, e o programa de formulação de ração, utilizado para as predições de desempenho dos animais, não leva em consideração este parâmetro.

Cardoso et al. (2004), observaram ganho de peso diário superior (1,11 vs. 1,59 kg/dia) para novilhos confinados em baias individuais alimentados com rações contendo como volumoso, em média, 52 e 66% de cana-de-açúcar e palha de arroz amonizada, respectivamente. O maior conteúdo de volumoso na ração contendo palha de arroz amonizada e o maior teor de FDN (74 vs. 67%) deste ingrediente, foram compensados pelo maior teor FDNDIg (45 vs. 19,9%) do mesmo. Os autores atribuíram o maior GPD dos animais alimentados com ração contendo palha de arroz amonizada, ao CMS superior observado neste tratamento (10 vs. 7,2 kg/dia) e, este por sua vez, ao maior valor nutritivo da porção fibrosa da palha de arroz amonizada, já que a quantidade de concentrado ofertada aos animais era fixa (4 kg/dia).

Nas predições do programa de formulação, os valores de GPD apresentados para a ração PCUD foram inferiores aos preditos para a ração PCP. Isso ocorreu porque o programa foi alimentado com teores de NDT diferentes para esses dois ingredientes avaliados (Tabela 6). Desta forma, quando a polpa de citros úmida despectinada foi acrescentada na ração, automaticamente, o desempenho animal simulado decresceu. No entanto, nos dados observados a campo isso não aconteceu, pois os dados de desempenho não diferiram (P>0,05) entre os tratamentos (Tabela 8).

Na Tabela 8, nota-se que os valores observados para energia líquida (manutenção e ganho) e metabolizável, observadas para as rações, foram superiores aos valores preditos. Além disso, na mesma tabela, podem ser observados dois aspectos importantes: O primeiro aspecto refere-se à comparação de energia observada entre as duas rações. A ELm, ELg e EM da ração contendo PCUD não diferiram da ração composta por PCP, e isso explica porque os animais não apresentaram desempenhos diferentes. Esse fato se constitui em forte indicação de que o teor de NDT da polpa de citros úmida despectinada não diferiu da polpa cítrica peletizada, como sugerido na Tabela 6. O segundo, referente à relação energia observada/predita das rações. A Tabela 8 revela que os valores de NDT dos ingredientes, principalmente dos concentrados energéticos, utilizados no programa de formulação de ração (após os ajustes) foram subestimados, já que a relação observado/predito foi maior que 1,0. Isso sugere que, para os animais desempenharem da forma observada no experimento, os teores energéticos da polpa de citros úmida despectinada e da polpa cítrica peletizada deveriam ser semelhantes e superiores aos obtidos pelas estimativas do NRC (2001).

Ainda na Tabela 8, observou-se diferença para ELm (P<0,01), ELg (P<0,05) e EM (P<0,05), entre as duas rações (energia observada/predita). Isso ocorreu pois para o cálculo da relação observado/predito, utilizou-se como valor predito o teor de energia calculado pelo programa de formulação (NRC, 1996, nível 1). Este, por sua vez, utiliza apenas o teor de NDT dos ingredientes e, como os teores de NDT dos concentrados energéticos inseridos no programa foram distintos (P<0,01) (67,7 e 77,3% para a PCUD e PCP, respectivamente), os valores apresentados pelo programa também foram diferentes (P<0,05). Para a determinação do valor observado, as equações de Zinn e

Shen (1998) utilizam, de forma geral, os parâmetros de desempenho animal e, estes não diferiram (P>0,05) entre si. Assim, como os denominadores foram distintos no cálculo (observado/predito), foram evidenciadas diferenças (P<0,05) entre os tratamentos.

Quando se utilizou o método de substituição proposto por Zinn; Owens e Ware (2002), para estimar o teor de EM da polpa de citros úmida despectinada (EM_{PCUD}), foi observado que este co-produto apresentou 2,95 Mcal/kg, quando comparado à energia metabolizável do alimento padrão (EM_{PCP}). É interessante ressaltar que, para esse cálculo, utilizou-se o valor de 2,79 Mcal/kg para a EM_{PCP}, valor este estimado com base no teor de NDT (77,3%) para este co-produto com base na projeção do NRC (2001), mediante o uso das análises químico-bromatológicas. Embora não tenha sido observada diferença (P>0,05) para o GPD e CMS nos tratamentos, numericamente, a ração PCUD proporcionou valores superiores à ração PCP para estes dois parâmetros. Esta diferença, por sua vez, foi capaz de proporcionar maior valor de EM para a PCUD quando avaliada individualmente. Por fim, ao realizar-se a conversão do valor de EM para NDT, foi encontrado o valor de NDT para a PCUD de 81,7%.

A substituição do teor energético no programa de formulação, para o valor real encontrado para a PCUD, ainda gerou GPD predito inferior ao observado no experimento, considerando o CMS efetivamente observado no presente estudo. Isso ocorreu uma vez que, provavelmente, o teor de NDT usado para a PCP (77,3%) da ração também deve ter sido subestimado.

Curiosamente, o teor energético, para os ingredientes concentrados energéticos avaliados, necessário para justificar o GPD observado experimentalmente, é semelhante ao teor de DVIVMS observado para a PCP nesse estudo (95,3%). Este valor é muito próximo do teor de NDT (93,7%) para a PCP, dito como necessário por Pereira (2005), ao avaliar a substituição de milho moído fino por doses crescentes de PCP (0, 50, 75 e 100%) em rações com alto teor de concentrado (70%). Este autor também utilizou a equação de substituição proposta por Zinn; Owens e Ware (2002) para estimativa deste parâmetro.

Schmidt (2006) adotou o teor de DVIVMS da silagem de cana-de-açúcar das rações como sendo o valor de NDT, uma vez que esta variável não foi calculada,

embora os valores observados para GPD preditos pelo programa de formulação (NRC, 1996), tenham sido inferiores aos observados a campo. Naquele estudo, o CMS foi superestimado pelo programa. Ribeiro (2007) também adotou o teor de NDT para silagem de cana-de-açúcar como sendo o valor observado para DVIVMS para aquele ingrediente, embora, no experimento, tanto o CMS como o GPD preditos pelo programa de formulação (NRC, 1996) tenham sido compatíveis com os valores observados a campo.

Foram encontradas diferenças (P<0,05) para as interações de tratamento vs. raça, apenas para as variáveis CMS de FDN e de FDA. Assim, as mesmas foram desdobradas na Tabela 9.

Tabela 9 – Consumo voluntário de fibra em detergente neutro e de fibra em detergente ácido pelos animais

	PCUD[1]	PCP	EPM	*Média****
Consumo de FDN[2] (kg MS/dia)**				
Nelore	$3,04^{Ba}$	$2,59^{Bb}$	0,17	$2,82^{A}$
Canchim	$4,11^{Aa}$	$3,18^{Ab}$	0,17	$3,65^{B}$
*Media***	$3,57^{a}$	$2,89^{b}$		
Consumo de FDA (kg MS/dia)**				
Nelore	$2,28^{Ba}$	$1,80^{Bb}$	0,12	$2,04^{B}$
Canchim	$3,06^{Aa}$	$2,20^{Ab}$	0,12	$2,63^{A}$
*Media***	$2,67^{a}$	$2,00^{b}$		

[1] PCUD - Ração contendo polpa de citros úmida despectinada; PCP – ração sem a adição de polpa de citros úmida despectinada; EPM – erro padrão da média;
[2] FDN – fibra em detergente neutro; FDA – fibra em detergente ácido; Médias seguidas de letras diferentes, maiúscula na coluna ou minúscula na linha, diferem entre si estatisticamente pelo Teste t de Student; ** - significativo (P<0,05); *** - significativo (P<0,01).

O maior (P<0,01) consumo de FDN e de FDA observado, nas colunas da Tabela 9, para os animais de raça Canchim, pode ser facilmente elucidado pelo maior (P<0,01) CMS observado para esta raça, uma vez que para o cálculo do consumo de entidades bromatológicas leva-se em consideração o CMS e o teor de cada nutriente presente no alimento. Restle et al. (2000) avaliaram o desempenho de diferentes grupos genéticos e observaram que os animais inteiros oriundos do cruzamento Nelore x Charolês, foram

mais eficientes que os animais castrados oriundos do mesmo cruzamento e, que os animais puros, sejam da raça Nelore ou Charolês. Para o CMS, os animais cruzados (½ Charolês x Nelore e ½ Nelore x Charolês) não apresentaram diferença, entretanto, quando comparados aos animais puros da raça Nelore, consumiram maiores (P<0,05) quantidades de MS.

Na Tabela 9, observa-se maior consumo de FDN e de FDA (P<0,05) para a ração PCUD. Como comentado no item 2.3.1.1, os teores de FDN e de FDA deste tratamento já eram maiores (P<0,01) na ração fornecida aos animais e, como a média da proporção de fibra das sobras não foi alterada pelo consumo voluntário efetuado pelos animais, a ingestão diária desta entidade bromatológica acompanhou a proporção de fibra fornecida nas rações. Assim, o maior CMS de FDN e de FDA na ração PCUD e, a ausência de diferença no GPD dos animais para os tratamentos (Tabela 8), ratificam a hipótese de que a composição de FDN dessa ração deve ter sido diferenciada da fração FDN da ração PCP.

Mesmo sob maior teor de FDN nas rações contendo PCUD (Tabela 7), o CMS ainda foi equiparado às rações contendo PCP (Tabela 8), sugerindo a diferenciação na composição de FDN. Apesar disso, os valores de digestibilidade de FDN, apresentadas na Tabela 7, sugerem FDNDIg semelhante para as rações PCUD e PCP. Nesse caso, possivelmente, diferenças físicas da PCUD, decorrentes do tratamento imposto em seu processamento, poderiam explicar alterações na análise de trânsito e digestão desse ingrediente.

Outro aspecto que pode elucidar parcialmente essa discussão é a relação kg de CMS de FDN por kg de PV. Resende et al. (2001) observaram, na avaliação de novilhos em confinamento alimentados com níveis crescentes de concentrado na ração, que os coeficientes de digestibilidade da MS e da MO das rações, avaliados *in vivo,* foram maximizados quando o nível de ingestão de FDN pelos animais foi de 1,09 a 1,15% PV. No presente estudo, realizou-se o cálculo desta relação de acordo com a Tabela 8, e observou-se valores de 0,64 e 0,70% do PV, para as rações PCP e PCUD respectivamente. Nota-se que o valor mais próximo do proposto por Resende et al. (2001) foi o da ração contendo PCUD. Isso corrobora a hipótese da possível alteração no trânsito das rações pelo trato digestivo dos animais.

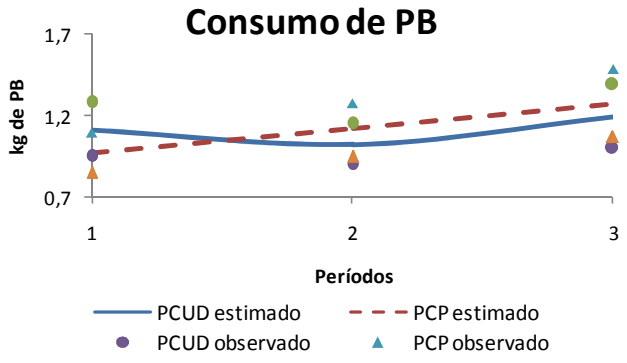
Na Tabela 10, podem ser observadas as equações de regressão para as variáveis avaliadas que apresentaram efeito significativo (P<0,05) para a interação T x P (tratamento vs. período).

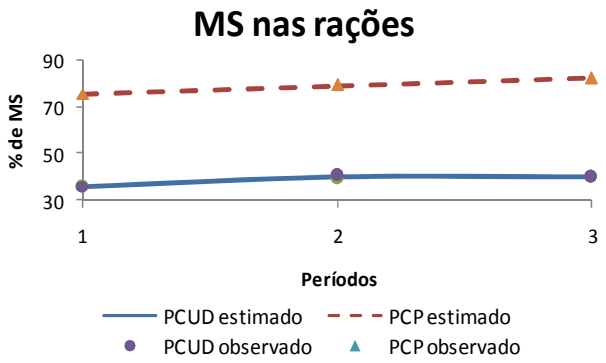
Tabela 10 – Equações de regressão das variáveis químico-bromatológicas em função do período para os tratamentos experimentais

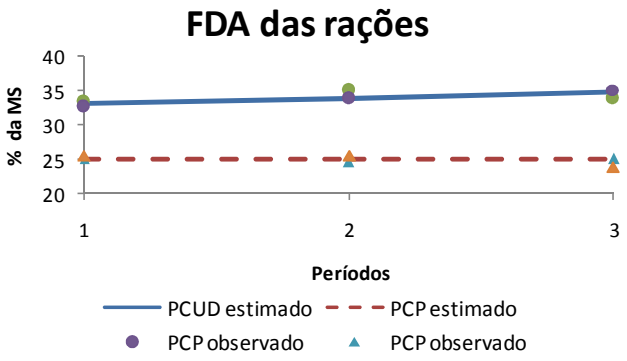
Variáveis[1]	Tratamentos[2]	Equações de regressão[3]
CMS PB, kg/dia	PCUD	$Y = 1,4688 - 0,4850*PER + 0,1313*PER^2$
	PCP	$Y = 0,8238 + 0,1506*PER$
MS nas rações, %	PCUD	$Y = 27,9687 + 10,0075*PER – 2,0088*PER^2$
	PCP	$Y = 71,6040 + 3,6659*PER$
FDA das rações, % MS	PCUD	$Y = 32,3825 + 0,7881*PER$
	PCP	$Y = 25,0250$
PB das rações, % MS	PCUD	$Y = 20,1237 – 8,0794*PER + 2,0969*PER^2$
	PCP	$Y = 13,4376 – 0,5950*PER + 0,2287*PER^2$
FDN das sobras, % MS	PCUD	$Y = 36,19 + 21,2088*PER – 5,1938*PER^2$
	PCP	$Y = 35,7739 – 0,4672*PER$
FDA das sobras, % MS	PCUD	$Y = 22,6613 + 22,1750*PER – 5,4437*PER^2$
	PCP	$Y = 25,9885 + 4,5594 * PER – 0,4944*PER^2$
CINZAS sobras, % MS	PCUD	$Y = 7,8627$
	PCP	$Y = 18,19 – 9,9819*PER + 2,8094*PER^2$

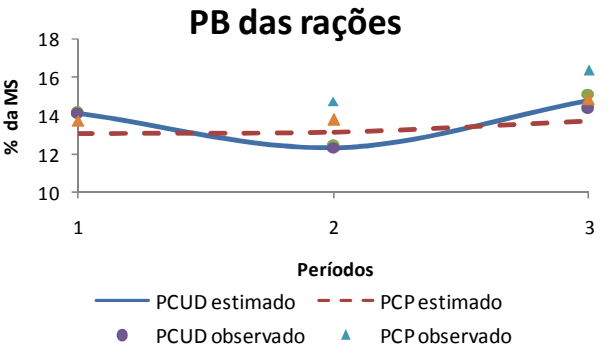
[1] CMS PB – consumo de proteína bruta; MS – teores de matéria seca; FDA – fibra em detergente ácido; PB – proteína bruta; FDN – fibra em detergente neutro;
[2] PCUD – ração contendo polpa de citros úmida despectinada; PCP – ração sem a adição de polpa de citros úmida despectinada;
[3] PER – período.

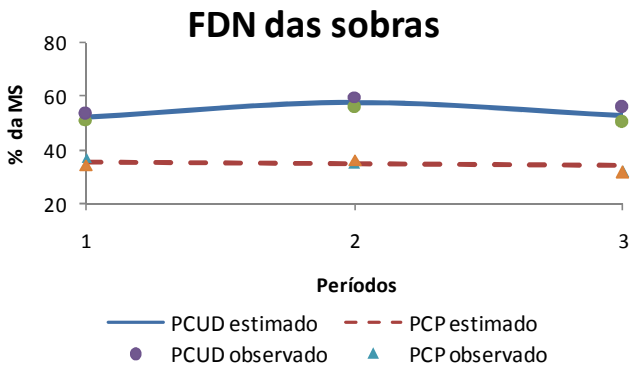
Na Figura 7 podem ser observadas as interações significativas (P<0,05) das variáveis químico-bromatológicas dos tratamentos ao longo dos períodos experimentais, correspondentes à Tabela 10.

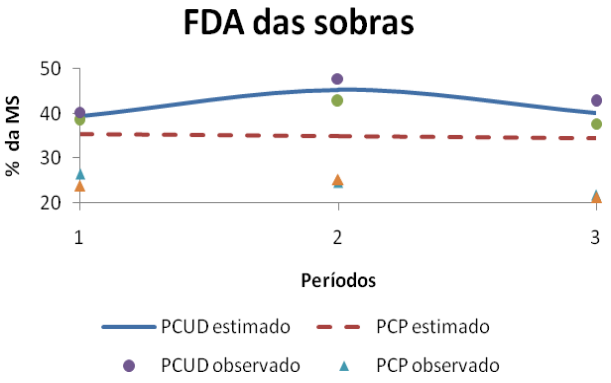

Consumo de PB
kg de PB
1,7
1,2
0,7
1
2
3
Períodos
PCUD estimado
PCP estimado
PCUD observado
PCP observado


MS nas rações
% de MS
90
70
50
30
1
2
3
Períodos
PCUD estimado
PCP estimado
PCUD observado
PCP observado


FDA das rações
% da MS
40
35
30
25
20
1
2
3
Períodos
PCUD estimado
PCP estimado
PCP observado
PCP observado


PB das rações
% da MS
18
16
14
12
10
1
2
3
Períodos
PCUD estimado
PCP estimado
PCUD observado
PCP observado


FDN das sobras
% da MS
80
60
40
20
1
2
3
Períodos
PCUD estimado
PCP estimado
PCUD observado
PCP observado


FDA das sobras
% da MS
50
40
30
20
1
2
3
Períodos
PCUD estimado
PCP estimado
PCUD observado
PCP observado

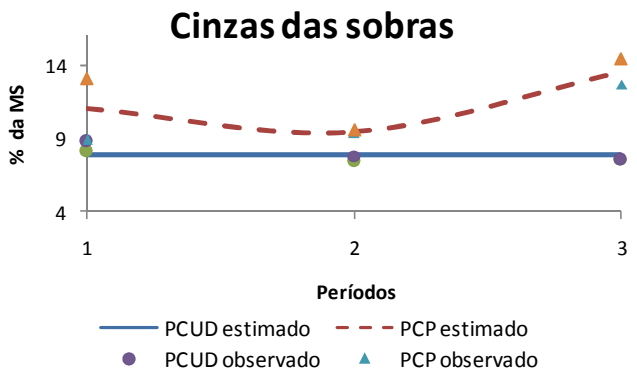


Figura 7 – Comportamento das variáveis químico-bromatológicas dos tratamentos ao longo dos períodos experimentais

O efeito crescente do teor de matéria seca observado para as duas rações (Figura 7) pode estar associado ao teor de matéria seca do BIN utilizado, pois este ingrediente apresentou alterações em seu teor de matéria seca em decorrência do período de utilização, uma vez que uma carga deste ingrediente demorava em média 30 dias para ser consumida. O mesmo também pode ter ocorrido com polpa de citros úmida despectinada. Os efeitos observados para o conteúdo fibroso e protéico das rações estiveram relacionados tanto com a polpa cítrica peletizada como com a polpa de citros úmida despectinada, uma vez que estes co-produtos foram oriundos de variedades diferentes de citros, já que várias partidas foram recepcionadas ao longo de todos os períodos experimentais. Ezequiel (2001) alertou que diferentes variedades e tipos de processamento podem alterar a composição químico-bromatológica de co-produtos da indústria citrícola.

Na Tabela 11 podem ser observadas as equações de regressão para as variáveis avaliadas que apresentaram efeito significativo (P<0,05) ao longo dos períodos experimentais (P). Na Figura 8, são apresentadas as representações gráficas do comportamento das interações significativas (P<0,05) das variáveis químico-bromatológicas e de desempenho dos animais ao longo dos períodos experimentais, correspondentes à Tabela 11. Na Figura 8, as linhas representam a linha de tendência dos dados estimados pelas equações e os pontos, os dados observados representados por cada tratamento e raça utilizados no ensaio 1.

As observações realizadas para concentração de energia líquida e metabolizável e as respectivas relações (observado/predito) também aumentaram (P<0,05) ao longo dos períodos experimentais. Isso pode ser explicado pelo GPD e CMS, uma vez que estes dois parâmetros são levados em consideração nos cálculos propostos por Zinn e Shen (1998).

Tabela 11 – Equações de regressão dos parâmetros de desempenho e químico-bromatológicos em função dos períodos experimentais

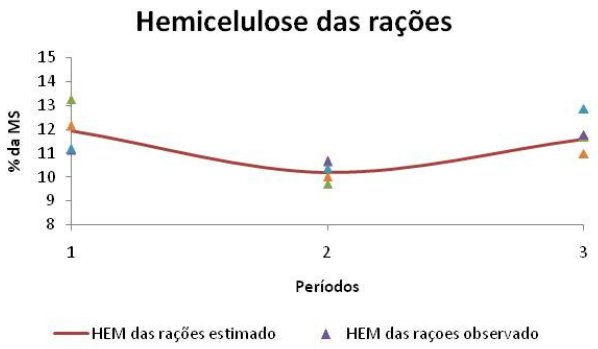
Variáveis[1]	Equações de regressão[2]
Hemicelulose das rações, % MS	$Y = 16,7644 – 6,4072*PER + 1,5584*PER^2$
DVIVMS, %	$Y = 85,63 – 1,3769*PER + 0,5594*PER^2$
DVIVMO, %	$Y = 87,0169 – 2,4688*PER + 0,83*PER^2$
Cinzas das rações, % MS	$Y = 10,3812 – 2,6366*PER + 0,5416*PER^2$
Matéria seca das sobras, %	$Y = 58,3431 – 4,1859*PER + 1,3891*PER^2$
CMS, kg/dia	$Y = 6,7062 + 1,3891*PER – 0,2984*PER^2$
CMS de FDA, kg/dia	$Y = 1,8294 + 0,4794*PER$
Ganho de peso diário, kg/dia	$Y = 0,8992 + 0,1181*PER$
ELm observada, Mcal/kg MS	$Y = 1,8371 + 0,0725*PER + 0,03963*PER^2$
ELg observada, Mcal/kg MS	$Y = 1,1986 + 0,06250*PER + 0,03572*PER^2$
EM observada, Mcal/kg MS	$Y = 2,7844 + 0,07656*PER + 0,04344*PER^2$
ELm observada/predita	$Y = 1,0811 + 0,03844*PER + 0,02348*PER^2$
ELg observada/predita	$Y = 1,2802 + 0,06437*PER + 0,03702*PER^2$
EM observada/predita	$Y = 1,1618 + 0,03594*PER + 0,01921*PER^2$

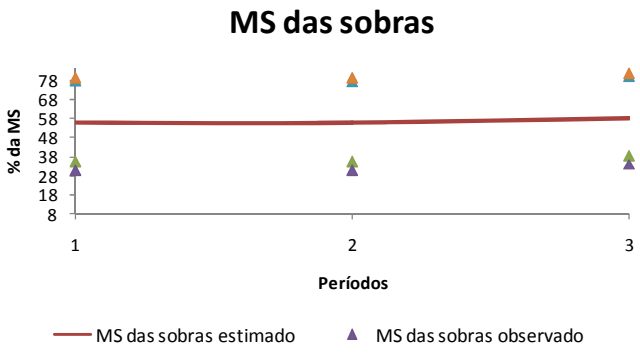
[1] DVIVMS – digestibilidade verdadeira *in vitro* da matéria seca; DVIVMO – digestibilidade verdadeira *in vitro* da matéria orgânica; CMS – consumo de matéria seca; FDA – fibra em detergente ácido; ELm – energia líquida de manutenção; ELg – energia líquida de ganho; EM – energia metabolizável;
[2] PER – período.

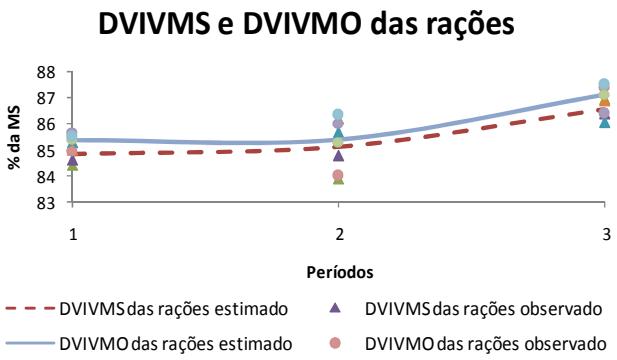
As alterações (P<0,05) observadas na Figura 8 para os teores de hemicelulose, DVIVMS e DVIVMO das rações e, CMS de FDN e CMS de FDA, podem estar relacionadas à variabilidade presente na constituição químico-bromatológica dos co-produtos utilizados (polpa cítrica peletizada e polpa de citros úmida despectinada).

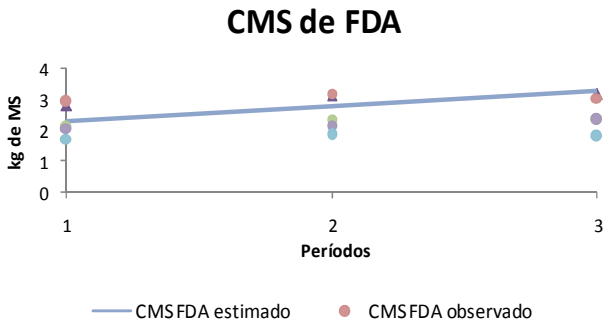
A partir do segundo período experimental, houve redução (P<0,05) da participação de cinzas na ração. Isso é um indicativo da melhora da qualidade do BIN utilizado a partir do segundo período experimental (Figura 8), uma vez que este

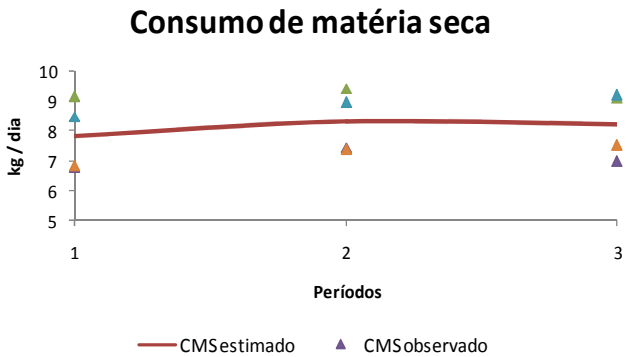
ingrediente é um importante veículo desta entidade bromatológica na ração e, a primeira partida deste ingrediente era considerada atípica, como comentado no item 2.3.1.1. Este evento também pode estar associado ao aumento (P<0,05) no GPD ao longo dos períodos experimentais, que por sua vez foi acompanhado pelo aumento (P<0,05) do CMS das rações.











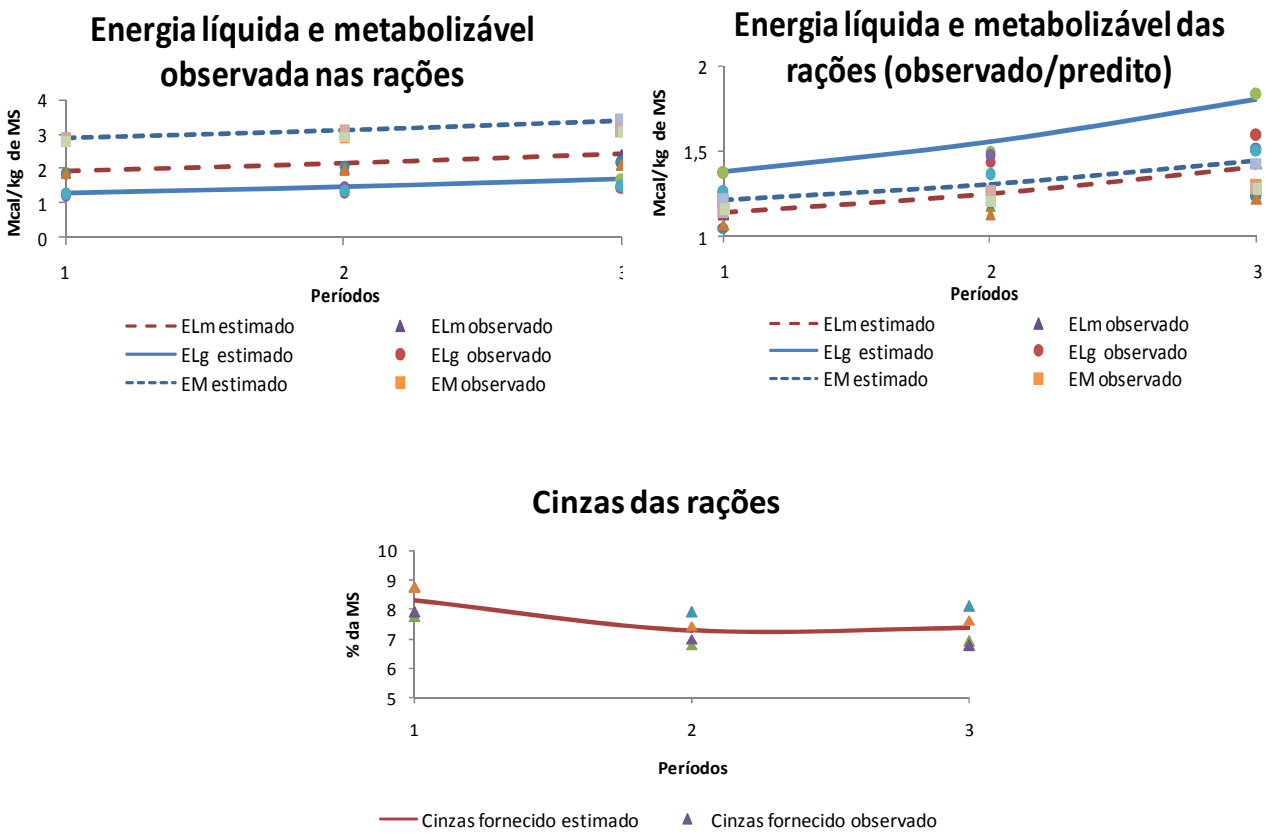


Figura 8 – Comportamento das variáveis de desempenho e químico-bromatológicas ao longo dos períodos experimentais

2.3.1.3 Espessura de gordura (EGS) e área de olho de lombo (AOL)

O uso de técnicas auxiliares para predizer ou avaliar o momento mais próximo do ideal para o abate de animais são alternativas que podem auxiliar no processo produtivo. Desta forma, avaliação da carcaça de animais em fase de terminação, com o auxílio de um instrumento que possa trazer acurácia nos dados fornecidos, como o ultra-som, pode torna-se interessante (SILVA et al., 2003). Dentre as medidas mais comuns, tem-se a espessura de gordura subcutânea (EGS), representada pela quantidade de gordura subcutânea depositada sobre o músculo *Longissimus dorsi* e a área de olho de lombo (AOL), medida no mesmo músculo, e correlacionada com rendimento de cortes e musculosidade (SILVA, 2002).

No ambiente de pesquisa, esta alternativa torna-se ainda mais interessante, principalmente quando fontes de ingredientes energéticos estão sendo testadas, pois o manejo alimentar pode ser utilizado como ferramenta para alterar a composição da carcaça, de acordo com os objetivos propostos. Assim, rações com diferentes concentrados energéticos podem estar estimulando maior ou menor deposição de gordura na carcaça dos animais (BLOCK et al., 2001).

Na Tabela 12 pode ser observada a estatística descritiva para as variáveis EGS e AOL para os tratamentos e raças.

Tabela 12 – Espessura de gordura subcutânea (EGS) e área de olho de lombo (AOL) nos animais avaliados

Variáveis	Médias[1]					Efeitos[2]		Interação
	PCP	PCUD	NEL	CAN	EPM	R	T	TxR
EGS (mm)	3,65	3,54	3,73	3,51	0,2	ns	ns	ns
AOL (cm^2)	91,29	88,34	90,12	89,51	1,9	ns	ns	ns

[1] PCUD - Ração contendo polpa de citros úmida despectinada; PCP – ração sem a adição de polpa de citros úmida despectinada; NEL – animais da raça Nelore; CAN – animais da raça Canchim; EPM – erro padrão da média;
[2] R – raça; T – tratamento; ns – não significativo.

Os valores obtidos para EGS compreendidos entre 3,51 e 3,73 mm para os animais de raça Canchim e Nelore, respectivamente (Tabela 12), são superiores ao exigido pelos frigoríficos nacionais. Prado et al. (2000) encontraram dados semelhantes ao do presente estudo, quando avaliaram bovinos inteiros (Nelore x Angus), em que a EGS foi de 3,74; 3,36; 3,67; e 2,70 mm e, a AOL foi de 81,6; 84,4; 84,3 e 78,8 cm^2 para os tratamentos 40, 60, 80 e 100% de substituição do farelo de milho por PCP no concentrado das rações, respectivamente, no entanto, sem diferença significativa entre os tratamentos. Semelhante foi encontrado por Henrique et al. (1998), onde observaram EGS variando de 3,0 a 4,4 mm para tourinhos Santa Gertrudis alimentados com diferentes níveis de concentrado na ração.

Menezes et al. (2005) avaliaram características da carcaça de tourinhos Nelore e Charolês alimentados com doses crescentes de concentrado na ração (35, 50 e 65%) e observaram que a raça Nelore é mais precoce quanto à deposição de gordura

subcutânea (3,3 e 4 mm de EGS para Charolês e Nelore, respectivamente). No entanto, no presente estudo não foi observada diferença (P>0,05) na espessura de gordura subcutânea para os animais de raça Nelore e Canchim.

Pereira et al. (2007) avaliaram a substituição de milho moído da ração por PCP, em tourinhos Canchim confinados e observaram EGS de 3,89; 4,15; 4,15 e 4,16 mm para os níveis de substituição de 0, 50, 75 e 100%, respectivamente, e não evidenciaram diferença na EGS para os tratamentos. No entanto, Henrique et al. (2004) avaliaram o desempenho de tourinhos Santa Gertrudis confinados e observaram que, conforme o teor de PCP aumentou na participação da MS da ração (0, 25, 40 e 55%) os valores de EGS diminuíram (7,0; 6,0; 5,28 e 4,71 mm, respectivamente). Estes autores realçaram o fato de que a ração contendo 55% de PCP na MS apresentou, em média, teor de NDT 5% inferior àquela sem a inclusão do co-produto, justificando parcialmente a menor EGS observada nesse tratamento. Outra hipótese levantada por estes autores seria a possibilidade da PCP ter afetado de alguma forma as vias de deposição de gordura no tecido subcutâneo e a tenha redirecionado para outros tecidos.

Andersen e Ingvartsen (1984) observaram redução da deposição de gordura na carcaça de tourinhos de 22,35% para 10,26% e, em animais castrados de 29,5% para 19,5 %, quando a oferta de energia foi restringida em 30%, indicando que a deposição de gordura na carcaça de ruminantes pode se pronunciar quando o teor energético das rações é diferente. No presente estudo, não foi observada diferença (P>0,05) para EGS e AOL entre as duas rações. Este resultado pode ser considerado como mais um indicativo da semelhança do teor energético dos dois co-produtos avaliados.

2.3.1.4 Comportamento Ingestivo

Na Tabela 13 estão apresentadas as variáveis de comportamento ingestivo de bovinos de corte alimentados ou não com polpa de citros úmida despectinada.

Entre as duas raças presentes no estudo não foram observadas diferenças (P>0,05) no tempo de ruminação (Tabela 13). As diferenças manifestaram-se quando se avaliou o tempo destinado para ingestão de alimento e mastigação, uma vez que as

duas raças apresentaram CMS diferentes. Embora os animais de raça Nelore tenham consumido menor (P<0,01) quantidade de MS (Tabela 8), os mesmos apresentaram maior tempo de ingestão (P<0,05), e mais tempo dispensado por kg de MS (P<0,01), e por kg de FDN (P<0,01) que os animais da raça Canchim. Isso é um indicativo que os animais de raça Nelore apresentaram ingestão de MS mais lenta que os da raça Canchim. Assim, estes animais despenderam maior tempo para o processamento do alimento, o que foi constatado pelo maior (P<0,05) tempo de mastigação por kg MS e mastigação por kg FDN (P<0,01). A menor massa corporal destes animais e, por conseqüência, a menor capacidade de ingestão podem ter influenciado nos resultados obtidos. Apesar disso, Schmidt (2006) não observou diferenças no comportamento ingestivo de animais Nelore e Canchim, quando alimentados com rações contendo em média 45% de silagem de cana-de-açúcar, 32% de polpa cítrica peletizada e 20% farelo de glúten de milho, com exceção do tempo de ingestão de água, que foi maior para os animais da raça Canchim (18,4 vs. 10,4 min/dia).

Mesmo o efeito de raça não tendo sido pronunciado no estudo realizado por Schmidt (2006), as médias encontradas por este autor para tempo de ingestão por kg de MS e FDN (24 e 52 min/dia, respectivamente), ruminação por kg de MS e FDN (62 e 133 min/dia, respectivamente) e mastigação por kg de MS e FDN (87 e 185 min/dia, respectivamente), mantiveram a relação MS/FDN das variáveis em cerca de 0,47, semelhante à encontrada no presente estudo (ao redor de 0,42). Isso mostra a importância da fonte de FDN utilizada na ração, já que cerca de 2 a 2,5 vezes do tempo gasto para o consumo, ruminação e mastigação por unidade de MS, são gastos com estas mesmas variáveis por unidade de FDN.

Tabela 13 – Comportamento ingestivo de bovinos de corte alimentados com rações contendo ou não polpa de citros úmida despectinada

Variáveis[1]	Médias[2]					Efeitos[3]		Interação
	PCP	PCUD	NEL	CAN	EPM	R	T	TxR
Ruminação, min/dia	187	163	164	187	16,7	ns	ns	ns
min/kg FDN	66	46	59	53	5,1	ns	**	ns
min/kg MS	24	20	23	21	2,2	ns	ns	ns
Ingestão, min/dia	168	180	193	154	9,0	**	ns	ns
min/kg FDN	60	53	69	44	3,2	***	ns	ns
min/kg MS	21	23	27	17	1,3	***	ns	ns
Mastigação, min/dia	355	343	357	341	19,6	ns	ns	ns
min/kg FDN	125	99	128	97	6,6	***	**	ns
min/kg MS	45	43	50	38	2,8	**	ns	ns
Ingestão de água, min/dia	22	26	24	24	2,7	ns	ns	ns
Ócio, min/dia	1061	1070	1057	1073	19,5	ns	ns	ns

[1] FDN – fibra em detergente neutro; MS – matéria seca;
[2] PCUD - Ração contendo polpa de citros úmida despectinada; PCP – ração sem a adição de polpa de citros úmida despectinada; NEL – animais da raça Nelore; CAN – animais da raça Canchim; EPM – erro padrão da média;
[3] R – raça; T – tratamento; ** - significativo (P<0,05); *** - significativo (P<0,01); ns – não significativo.

Não foi observada diferença (P>0,05) para o tempo de ingestão de água (Tabela 13), mesmo considerando que as rações apresentaram teores de MS diferentes (79 vs. 38,6% para a ração PCP e PCUD, respectivamente, Tabela 7). O tempo despendido para esta atividade no presente estudo foi semelhante ao encontrado por Loures et al. (2005), 17 minutos, quando avaliaram o comportamento ingestivo de bovinos Nelore, alimentados com ração contendo teor de MS de aproximadamente 55%. Resultado semelhante também foi encontrado por Schmidt (2006), embora este autor tenha observado diferença entre as raças Nelore e Canchim (10,4 vs. 18,4 minutos, respectivamente) para essa variável, sendo o mesmo não observado no presente estudo.

A única diferença entre os tratamentos, quanto ao comportamento ingestivo dos animais, foi observada quando se considerou a quantidade de FDN consumida pelos animais. Na Tabela 13, observa-se que a ração PCP proporcionou tempo maior (P<0,05) de ruminação e de mastigação por kg de FDN que a ração PCUD, mesmo considerando que a última continha maior (P<0,01) teor de FDN (36,1 vs. 45,3%). Isso

é um forte indício da baixa efetividade física da fibra presente na polpa de citros úmida despectinada, já que esta foi a responsável pelo acréscimo do teor de FDN da ração PCUD e, ainda assim os animais despenderam de menor tempo de ruminação e mastigação por unidade desta entidade bromatológica.

3.2 Ensaio 2

2.3.2.1 Composição químico-bromatológica da PCUD e das rações experimentais

A composição químico-bromatológica dos ingredientes das rações pode ser observada na Tabela 14.

As silagens de polpa de citros úmida despectinada apresentaram variáveis bromatológicas semelhantes às encontradas na polpa de citros úmida despectinada *in natura* do ensaio 1 (item 2.3.1.1 – Tabela 6). Assim, iniciam-se as evidências que conferem a este co-produto características positivas quanto à capacidade de armazenamento na forma de silagem. A fonte de PCP utilizada apresentou composição química padrão e típica para esse ingrediente (HALL et al., 1997; HALL, 2002). Quanto ao BIN, observou-se teor de cinzas inferior ao observado no ensaio 1 e, como as demais entidades bromatológicas deste ingrediente permaneceram semelhantes, o teor de NDT mostrou-se mais elevado neste ensaio (37,3 vs. 34,9%, para o primeiro e segundo ensaio, respectivamente).

Para o concentrado protéico (farelo de algodão) observou-se teor energético aquém do comumente encontrado para este ingrediente na literatura (NRC, 1996; NRC, 2001). O NDT calculado para este ingrediente no presente estudo foi de 54,3%, enquanto que Vilela et al. (2003) observaram teor próximo de 64%, ao avaliar o teor energético dos ingredientes da ração utilizando a mesma metodologia do presente estudo. Apesar disso, ambos os valores ainda são inferiores ao proposto pelo NRC (1996), de 75%. Uma possível explicação para este fato pode estar relacionada com o teor de FDN utilizado para o cálculo da variável NDT, pois enquanto o NRC (1996)

assume teor de 28,9%, no presente estudo foi encontrado o valor de 53,1% e, Vilela et al. (2003) usaram teor de aproximadamente 33% para FDN e 34% para PB. Assim, quanto maior for o conteúdo PB, cinzas e principalmente de FDN do ingrediente, menor será o valor energético respectivo atribuído à esse ingrediente.

Tabela 14 – Composição químico-bromatológica dos ingredientes das rações

Entidades bromatológicas[1]	Ingredientes[2]					
	PCUD	PCUD-BNa	PCP	EPM	BIN	FA
Matéria seca, % ***	14,3[b]	13,9[c]	88,6[a]	0,02	58,6	88,1
Fibra em detergente neutro, % MS ***	66,4[a]	67,5[a]	21,6[b]	0,89	87,8	53,1
Fibra em detergente ácido, % MS ***	59,3[a]	59,5[a]	16,5[b]	0,75	57,4	28,4
Hemicelulose, % MS ***	7,1[b]	8,0[a]	5,1[c]	0,27	30,4	24,7
FSDN, % MS ***	20,0[b]	21,2[b]	32,8[a]	0,97	-	-
Proteína Bruta, % MS ***	6,4[b]	6,3[b]	7,6[a]	0,15	3,1	40
DVIVMS, % ***	86,8[b]	81,0[c]	96,1[a]	0,81	32,3	70
DVIVMO, % ***	87,5[b]	81,7[c]	96,9[a]	0,80	32,6	69,4
FDNDIg, % ***	80,1[a]	71,9[b]	82,3[a]	1,33	22,8	43,5
Cinzas, % MS ***	1,1[b]	0,75[c]	7,0[a]	0,06	5,4	5,5
Nutrientes Digestíveis Totais[3], % ***	68,4[b]	68,3[b]	76,7[a]	0,39	37,3	54,3
Carboidratos solúveis, % MS [ns]	10,3	11,3	-	0,89	-	-
Ácido acético, % MS [ns]	10,2	10,8	-	0,20	-	-
Ácido propiônico, % MS [ns]	0,36	0,36	-	0,01	-	-
Ácido butírico, % MS [ns]	0,05	0,04	-	0,01	-	-
Ácido lático, % MS [ns]	1,72	1,32	-	0,17	-	-

[1] FSDN – fibra solúvel em detergente neutro; DVIVMS – digestibilidade verdadeira *in vitro* da matéria seca; DVIVMO – digestibilidade verdadeira *in vitro* da matéria orgânica; FDNDIg – digestibilidade da fibra em detergente neutro;
[2] PCUD – silagem de polpa de citros úmida despectinada; PCUD-BNa – silagem de polpa de citros úmida despectinada aditivada com benzoato de sódio; PCP – polpa cítrica peletizada; BIN – bagaço de cana-de-açúcar *in natura*; FA – farelo de algodão; EPM – erro padrão da média; Minúsculas na linha diferem entre si pelo teste de Tukey; *** significativo (P<0,01); ns – não significativo;
[3] Calculado segundo a metodologia do NRC (2001).

Rivas et al. (1991) encontraram teores de ácido acético, propiônico e butírico semelhantes aos do presente estudo, de 12,06; 0,56 e 0,13% na MS, respectivamente, para a silagem controle de polpa de laranja contendo 22,5% de MS, embora o teor de ácido lático observado fora de 13,8%. Os autores observaram que os teores de AGCC

e de ácido lático foram crescentes, conforme o tempo de armazenamento da polpa de citros, o que não ocorreu com a polpa de citros úmida despectinada.

A silagem de polpa de citros úmida despectinada sem aditivo (PCUD) e a aditivada com benzoato de sódio (PCUD-BNa), não apresentaram diferenças (P>0,05) nos teores de carboidratos solúveis (CHO'S), AGCC (acético, propiônico e butírico) e ácido lático (Tabela 14).

É interessante ressaltar que o benzoato de sódio foi aplicado apenas na superfície do material ensilado e, as amostras foram coletadas em diversos pontos do centro dos painéis das silagens. Desta forma, o controle da deterioração pode não ter influenciado necessariamente o centro da massa do co-produto ensilado.

Os teores de NDT das silagens não diferiram (P>0,05) entre si (68,4 e 68,3%, para a PCUD e PCUD-BNa, respectivamente). Contudo, quando comparados com o NDT da PCP, os mesmos foram inferiores (P<0,01), como pode ser observado na Tabela 14. Analisando este parâmetro isoladamente, poder-se-ia predizer desempenho inferior para os animais que receberam as rações PCUD ensilada, no entanto, esta hipótese não se consolidou.

As silagens de PCUD apresentaram teores inferiores (P<0,05) de FSDN em relação à PCP (Tabela 14). No entanto, cerca de 65% da FSDN (pectina e β-glucanas) ainda estiveram presentes no co-produto. Esta grande quantidade residual desta entidade bromatológica, pode ter auxiliado na obtenção dos bons resultados de desempenho observados para PCUD quando comparado à PCP.

Na Tabela 15 pode ser observada a estatística descritiva da composição químico-bromatológica das rações experimentais oferecidas e das sobras. Pode-se observar que o mesmo padrão dos componentes químico-bromatológicos encontrados nesta tabela também foram evidenciados no ensaio 1 (PCUD *in natura* – Tabela 7).

O teor de MS foi superior (P<0,01) para a ração contendo PCP (Tabela 15) uma vez que esta ração não apresentara em sua composição o co-produto úmido. Teores superiores de FDN, FDA (P<0,01) e HEM (P<0,05) foram observados para as rações PCUD e PCUD-BNa (Tabela 15), uma vez que estas rações foram acrescidas desse co-produto fibroso com teor de FDN, FDA e HEM superior ao da PCP, que foi substituída parcialmente nas referidas rações.

Tabela 15 - Estatística descritiva da composição químico-bromatológica das rações experimentais e das sobras

Variáveis[1]	Médias[2]			EPM	Efeitos[3]		Interação
	PCP	PCUD-BNa	PCUD		T	P	T*P
Fornecido							
MS, %	80,1[a]	36,4[b]	37,3[b]	0,58	***	**	ns
FDN, % MS	38,9[b]	47,9[a]	47,2[a]	0,60	***	***	***
FDA, % MS	24,4[b]	34,5[a]	33,9[a]	0,37	***	**	ns
HEM, % MS	14,5[a]	13,5[b]	13,3[b]	0,30	**	***	ns
PB, % MS	14,4	14,7	14,7	0,38	ns	***	ns
DVIVMS, %	87,0[a]	84,2[b]	84,6[b]	0,37	***	ns	ns
DVIVMO, %	87,5[a]	84,7[b]	85,4[b]	0,38	***	ns	**
FDNDIg, %	66,5	66,9	67,3	0,93	ns	ns	ns
Cinzas, % MS	8,3[a]	7,2[b]	7,4[b]	0,07	***	***	ns
Sobras							
MS, %	79,7[a]	36,9[b]	35,7[b]	1,57	***	***	ns
FDN, % MS	37,6[b]	50,3[a]	52,2[a]	1,45	***	**	ns
FDA, % MS	24,4[b]	37,8[a]	39,6[a]	1,16	***	ns	ns
HEM, % MS	13,2	12,5	12,6	0,40	ns	**	ns
PB, % MS	16,4	14,4	14,4	1,07	ns	ns	ns
Cinzas, % MS	9,9[a]	7,2[b]	7,6[ab]	0,62	**	***	***

[1] MS – matéria seca; FDN – fibra em detergente neutro; FDA – fibra em detergente ácido; HEM – hemicelulose; PB – proteína bruta; DVIVMS – digestibilidade verdadeira *in vitro* da matéria seca; DVIVMO – digestibilidade verdadeira *in vitro* da matéria orgânica; FDNDIg – digestibilidade da fibra em detergente neutro;

[2] PCP – ração sem a adição de silagem de polpa de citros úmida despectinada; PCUD-BNa – ração contendo silagem de polpa de citros úmida despectinada com benzoato de sódio; PCUD – ração contendo silagem de polpa de citros úmida despectinada; EPM – erro padrão da média; Minúsculas na linha diferem entre si pelo teste de Tukey; ** - significativo (P<0,05); *** - significativo (P<0,01); ns – não significativo

[3] T – tratamento; P – período;

A DVIVMS e DVIVMO foram superiores (P<0,01) para a ração que continha PCP (Tabela 15). Este aumento, de aproximadamente 3,5 unidades percentuais, na digestibilidade da ração PCP pode ser atribuído como característica negativa para as rações PCUD e PCUD-BNa. Por outro lado, as rações contendo as silagens de PCUD apresentaram diferencial, relacionado à presença dos AGCC e ácido lático (mais de 10% da MS), que por sua vez, não incrementam a digestibilidade da ração e, no entanto, são utilizados no metabolismo energético dos ruminantes. Assim, a menor digestibilidade destas rações pode ter sido compensada pela presença destes

compostos, ou também pela alteração nas características físico-químicas da fração FDN, em decorrência do processamento industrial.

Queiroz et al. (2008) compararam diferentes fontes de volumosos na ração de vacas leiteiras de produção intermediária e não observaram diferença na produção de leite corrigida para 4% de gordura quando a fonte de volumoso testada foi cana-de-açúcar *in natura* e silagem de cana-de-açúcar (22,1 vs. 22,08 kg/dia, respectivamente), mesmo com teores de CHO'S 36% inferior para a silagem de cana (25 vs. 16%). Um dos diferenciais entre estes dois alimentos foi justamente a presença de ácido lático (3,1% da MS) e de etanol (0,45% da MS) observados apenas na silagem de cana-de-açúcar, compostos estes, precursores energéticos para ruminantes (BLAIN; DURIX; TRANCHANT, 1992; NUSSIO; SCHMIDT, 2005).

2.3.2.2 Desempenho dos animais

Na Tabela 16 pode ser observada a estatística descritiva das variáveis de desempenho dos animais.

As rações contendo silagem de polpa de citros úmida despectinada (PCUD-BNa e PCUD) proporcionaram maior (P<0,01) CMS de FDN e de FDA. Como os animais consumiram a mesma quantidade de matéria seca (Tabela 16), o maior consumo de conteúdo fibroso para estas rações contendo PCUD é justificável, pois originalmente, os co-produtos úmidos utilizados nestas rações continham maiores teores de FDN e de FDA (P<0,05) que a PCP (66,4 e 59,3%; 67,5 e 59,5% vs. 21,6 e 16,5% para FDN e FDA da PCUD, PCUD-BNa e PCP, respectivamente).

A energia líquida de manutenção e ganho, assim como a energia metabolizável das rações, não foram diferentes (P>0,05) entre os tratamentos (Tabela 16). No entanto, a relação entre a energia observada/predita mostrou-se significativa (P<0,05). Isso ocorreu porque as ELm, ELg e a EM preditas para os tratamentos PCUD e PCUD-BNa foram inferiores às preditas para o tratamento PCP. O programa de formulação de ração (NRC, 1996) usa como base para o cálculo das ELm, ELg e EM apenas o teor de NDT dos ingredientes da ração e, como o programa foi alimentado com teor de NDT

para as silagens de PCUD inferior ao da polpa cítrica peletizada, o teor energético final simulado ou predito, quando a PCUD foi acrescentada, tendeu a diminuir.

Tabela 16 - Estatística descritiva das variáveis de desempenho dos animais

Variáveis[1]	Médias[2]			EPM	Efeitos[3]		Interações
	PCP	PCUD-BNa	PCUD		T	P	TxP
PVI, kg	300	304	305	10.48	ns	***	ns
PVF, kg	416	427	424	11.72	ns	***	ns
GPD, kg/dia	1,3	1,4	1,3	0,06	ns	***	ns
CMS, kg/dia	7,8	7,8	7,8	0,32	ns	ns	ns
CMS, % PV	2,2	2,1	2,1	0,06	ns	***	ns
CMS FDN, kg/dia	3,0[b]	3,7[a]	3,6[a]	0,13	***	***	ns
CMS FDA, kg/dia	1,9[b]	2,7[a]	2,6[a]	0,09	***	***	ns
CMS HEM, kg/dia	1,1	1,1	1,0	0,04	ns	***	ns
CMS PB, kg/dia	1,1	1,1	1,2	0,05	ns	***	ns
CMS cinzas, kg/dia	0,6	0,6	0,6	0,02	ns	ns	ns
CA, *kg MS/kg GPD*	6,6	5,9	6,0	0,29	ns	***	ns
Energia líquida Observada (Mcal/kg)							
Manutenção	1,86	1,95	1,91	0,04	ns	ns	ns
Ganho	1,23	1,30	1,26	0,03	ns	ns	ns
EM	2,82	2,91	2,86	0,04	ns	ns	ns
Energia líquida Observada/Predita							
Manutenção	1,10[b]	1,20[a]	1,17[ab]	0,02	**	ns	ns
Ganho	1,31[b]	1,48[a]	1,43[ab]	0,04	**	ns	ns
EM	1,18[b]	1,25[a]	1,23[ab]	0,02	**	ns	ns

[1] PVI – peso vivo inicial; PVF – peso vivo final; GPD – ganho de peso diário; CMS – consumo de matéria seca; FDN – fibra em detergente neutro; FDA – fibra em detergente ácido; HEM – hemicelulose; PB – proteína bruta; CA – conversão alimentar; EM – energia metabolizável;
[2] PCP – ração sem a adição de silagem de polpa de citros úmida despectinada; PCUD-BNa – ração contendo silagem de polpa de citros úmida despectinada aditivada com benzoato de sódio; PCUD – ração contendo silagem de polpa de citros úmida despectinada; EPM – erro padrão da média;
[3] T – tratamento; P – período; Minúsculas na linha diferem entre si pelo teste de Tukey; ** - significativo (P<0,05); *** - significativo (P<0,01); ns – não significativo.

O CMS predito foi de 8,85; 8,92 e 8,93 kg MS/dia enquanto que o GPD foi de 0,85, 0,78 e 0,78 kg/dia para os tratamentos PCP, PCUD e PCUD-BNa, respectivamente. Como podem ser observados, os animais consumiram menos e apresentaram GPD maior que o predito pelo programa de formulação de ração (Tabela

16). O mesmo cenário também foi observado no ensaio 1 de desempenho animal. Isso indica forte evidência de que o teor energético dos ingredientes das rações tenha sido subestimado.

Quando se utilizou o método de substituição proposto por Zinn; Owens e Ware (2002), para estimar o teor de EM das silagens de polpa de citros úmida despectinada (EM_{PCUD} e $EM_{PCUD\text{-}BNa}$), foi observado que estes co-produtos apresentaram teores de 2,95 e 3,16 Mcal/kg, respectivamente, quando comparado à EM_{PCP}. É interessante ressaltar que para esse cálculo utilizou-se o teor de 2,77 Mcal/kg para a EM_{PCP}, valor este estimado com base no teor de NDT (76,75%) para este co-produto com base na predição realizada pelo NRC (2001) com o uso de análises químico-bromatológicas. Embora não tenha sido observada diferença (P>0,05) para o GPD nos tratamentos, a ração contendo silagem de PCUD-BNa proporcionou valor maior que a ração PCP. Esta diferença, por sua vez, foi capaz de proporcionar EM maior para as silagens de PCUD-BNa quando avaliadas individualmente. Por fim, ao realizar-se a conversão do teor de EM para NDT, foram encontrados teores de 81,74 e 87,56% de NDT para a PCUD e PCUD-BNa, respectivamente.

Quando foi realizada a substituição dos teores energéticos no programa de formulação para os valores encontrados para a PCUD e PCUD-BNa, mesmo assim, o GPD predito pelo programa continuou a subestimar o ganho em relação ao observado no experimento, quando se utiliza o CMS observado no presente estudo. Isso ocorreu, provavelmente pelo fato do teor de NDT usado para a PCP (76,75%) da ração também estar sendo subestimado.

O CMS de FDN e de FDA foram maiores (P<0,01) para os tratamentos contendo silagem de PCUD (Tabela 16), sendo este mesmo fato, também observado no ensaio 1, nas rações contendo PCUD *in natura.* Ao realizarmos a relação CMS de FDN por % de PV, de acordo com os dados da Tabela 16, observamos valores de 0,84, 1,02 e 0,98% PV, para os tratamentos PCP, PCUD-BNa e PCUD, respectivamente. Observou-se como no ensaio 1, que os tratamentos contendo PCUD estiveram mais próximos dos valores sugeridos por Resende et al. (2001), 1,09 a 1,15% PV, ditos como necessários para que a digestibilidade da MS e MO da ração seja maximizada em bovinos de corte em confinamento. Assim, tanto no ensaio de desempenho animal 1 como no 2, a

hipótese de que a porção fibrosa das rações contendo PCUD sejam diferenciadas fisicamente, devido ao tratamento industrial imposto na PCUD, e que isso possa ter proporcionado alterações na análise de trânsito e digestão desse ingrediente, é ratificada também nesse estudo.

Na Tabela 17 podem ser observadas as equações de regressão para as variáveis avaliadas que apresentaram efeito significativo (P<0,05) para a interação T x P (tratamento vs. período). Analogamente, na Figura 9, podem ser observadas as representações gráficas das interações significativas (P<0,05) das variáveis químico-bromatológicas analisadas nos tratamentos ao longo dos períodos experimentais, correspondentes à Tabela 17.

Tabela 17 – Equações de regressão das variáveis químico-bromatológicas analisadas em função do período para os tratamentos experimentais

Variáveis[1]	Tratamentos[2]	Equações de regressão[3]
	PCUD-BNa	Y = 47,82
FDN das rações, % MS	PCUD	Y = 46,98
	PCP	Y = 50,5750 – 12,8050*PER + 2,99 PER^2
	PCUD-BNa	Y = 84,71
DVIVMO, %	PCUD	Y = 84,96
	PCP	Y = 86,5307 – 0,67*PER + 0,2126*PER^2
	PCUD-BNa	Y = 7,23
Cinzas das sobras, % MS	PCUD	Y = 2,99 + 5,8233*PER – 1,5083*PER^2
	PCP	Y = 12,0994 – 1,1233*PER

[1] FDN – fibra em detergente neutro; DVIVMO – digestibilidade verdadeira *in vitro* da matéria orgânica;
[2] PCUD-BNa – ração contendo silagem de polpa de citros úmida despectinada aditivada com benzoato de sódio; PCUD – ração contendo silagem de polpa de citros úmida despectinada; PCP – ração sem a adição de silagem de polpa de citros úmida despectinada;
[3] PER – período.

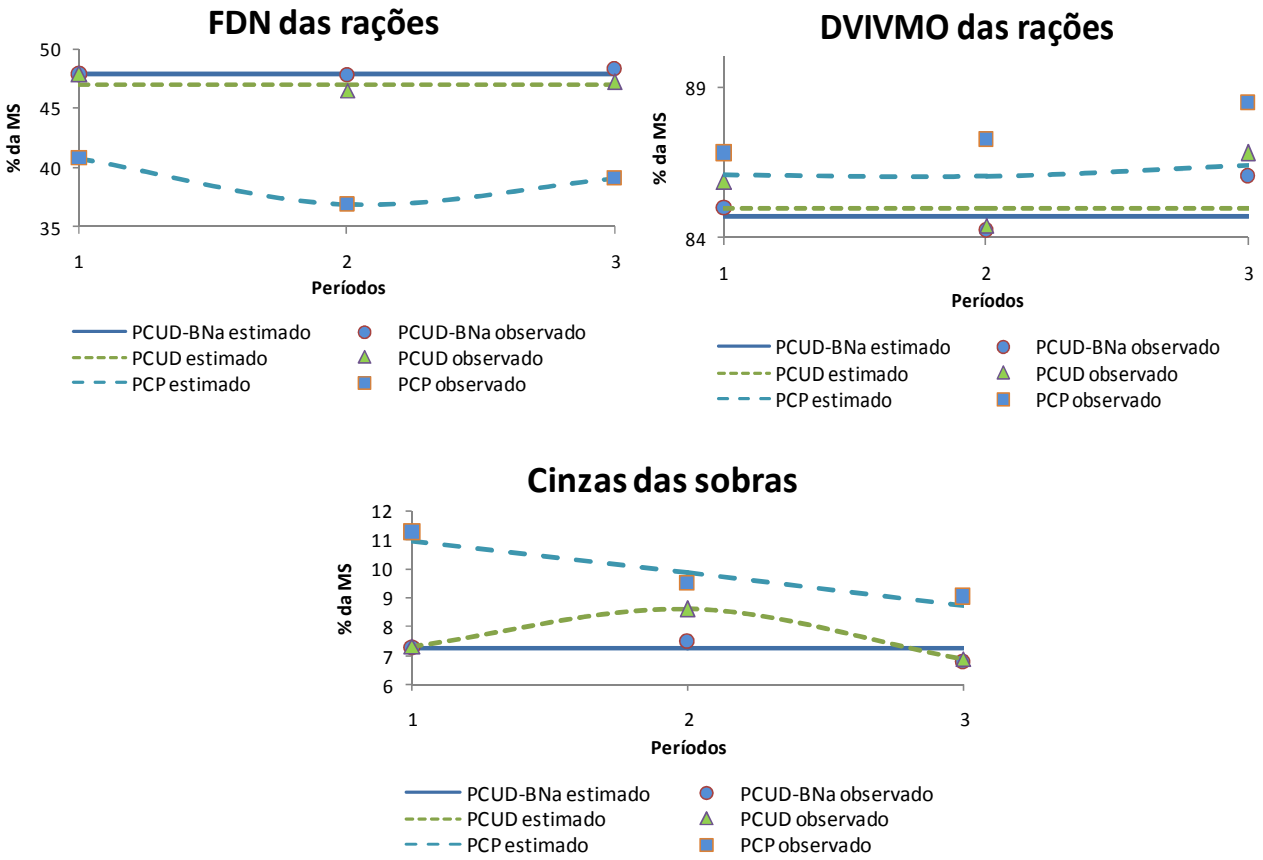


Figura 9 – Variáveis de composição químico-bromatológica dos tratamentos ao longo dos períodos experimentais

As rações contendo silagem de PCUD mostraram-se pouco variáveis ao longo dos períodos experimentais (Figura 9 e Tabela 17). Isso indica aspectos positivos quanto ao armazenamento deste co-produto. Ítavo et al. (2000b) observaram coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca em ovinos alimentados com silagem de polpa de laranja (ensilada por 70 dias) variando entre 84 e 90%. Estes valores foram próximos dos observados no presente estudo, embora os co-produtos tenham passado por processos industriais diferentes. As oscilações observadas no teor de FDN e na DVIVMO da ração PCP (Figura 9), podem estar associadas a variações na composição químico-bromatológica da polpa cítrica peletizada, já que os demais tratamentos não tiveram o mesmo comportamento.

Quanto ao conteúdo de cinzas das sobras, esta variabilidade observada na Figura 9, esteve diretamente associada à seletividade dos animais após as rações

terem sido ofertadas. As rações contendo silagem de PCUD evidenciaram sobras mais homogêneas, significando que os animais tiveram menor oportunidade de selecionar o alimento no cocho.

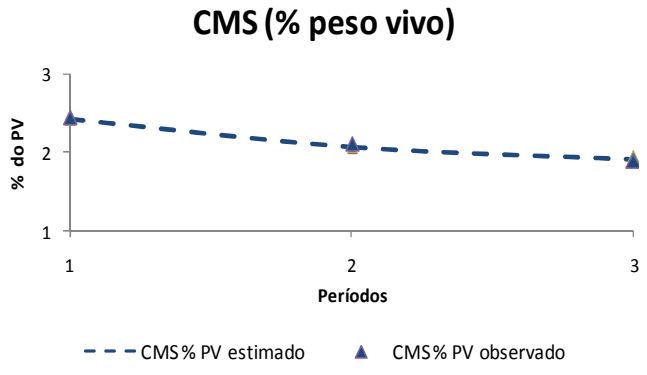
Na Tabela 18 podem ser observadas as equações de regressão para as variáveis avaliadas que apresentaram efeito significativo (P<0,05) para os períodos experimentais (P).

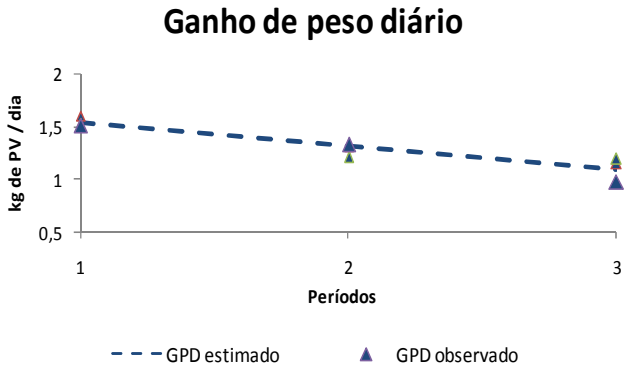
Tabela 18 – Equações de regressão das variáveis químico-bromatológicas analisadas e desempenho dos animais em função dos períodos experimentais

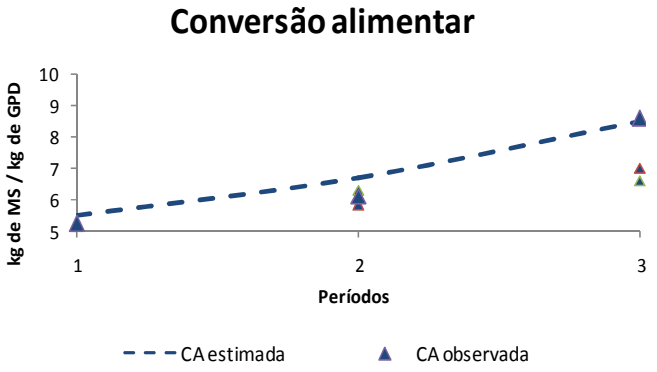
Variáveis[1]	Equações de regressão[2]
MS nas rações, %	$Y = 49,6658 – 1,59*PER + 0,1856*PER^2$
FDA das rações, % MS	$Y = 33,5067 – 3,4550*PER + 0,9278*PER^2$
Hemicelulose das rações, % MS	$Y = 14,8926 – 0,5694*PER$
PB das rações, % MS	$Y = 20,3278 – 6,0447*PER + 1,3631*PER^2$
Cinzas das rações, % MS	$Y = 6,2978 + 1,6356*PER – 0,4172*PER^2$
MS nas sobras, %	$Y = 56,0472 – 6,5083*PER + 1,6572*PER^2$
FDN das sobras, % MS	$Y = 36,25 + 10,9347*PER – 2,4414*PER^2$
Hemicelulose das sobras, % MS	$Y = 8,8694 + 3,8683*PER$
Ganho de peso diário, kg/dia	$Y = 1,7504 – 0,2186*PER$
CMS, % PV	$Y = 2,9656 – 0,6383*PER + 0,09611*PER^2$
CMS FDN, kg/dia	$Y = 4,4889 – 1,2686*PER + 0,3231*PER^2$
CMS FDA, kg/dia	$Y = 3,0056 – 0,8281*PER + 0,2214*PER^2$
CMS de hemicelulose, kg/dia	$Y = 1,4783 – 0,4333*PER + 0,09944*PER^2$
CMS PB, kg/dia	$Y = 1,7367 – 0,6836*PER + 0,1619*PER^2$
Conversão alimentar, kg MS/kg GPD	$Y = 4,8522 + 0,3386*PER + 0,2928*PER^2$

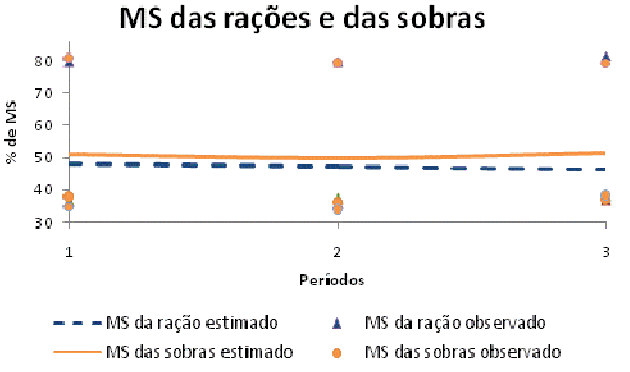
[1] MS – matéria seca; FDA – fibra em detergente ácido; PB – proteína bruta; FDN – fibra em detergente neutro; CMS – consumo de matéria seca; % PV – porcentagem do peso vivo;
[2] PER – período.

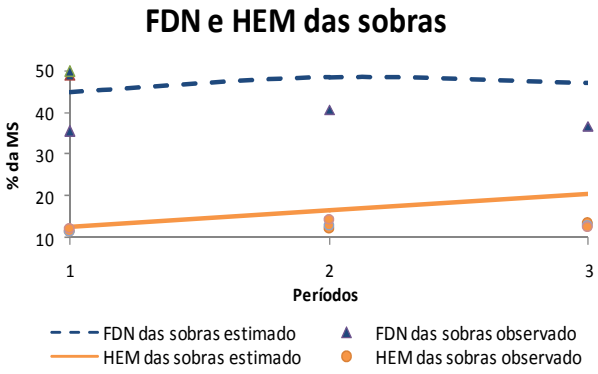
Analogamente, na Figura 10, podem ser observadas as representações gráficas do comportamento das interações significativas (P<0,05) das variáveis químico-bromatológicas e de desempenho dos animais ao longo dos períodos experimentais, correspondentes à Tabela 18.

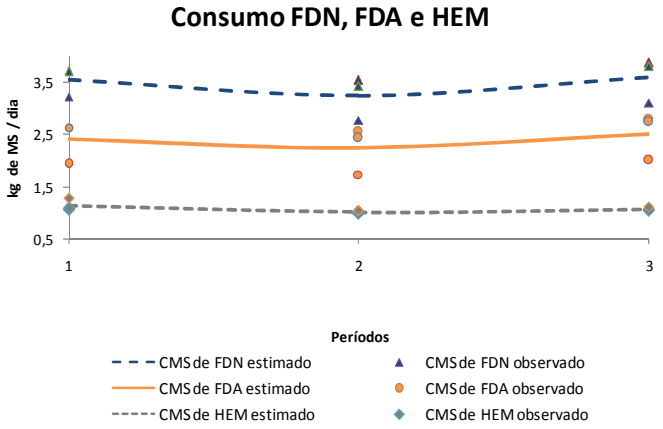

CMS (% peso vivo)
% do PV
3
2
1
1
2
3
Períodos
CMS % PV estimado
CMS % PV observado


Ganho de peso diário
kg de PV / dia
2
1,5
1
0,5
1
2
3
Períodos
GPD estimado
GPD observado


Conversão alimentar
kg de MS / kg de GPD
10
9
8
7
6
5
1
2
3
Períodos
CA estimada
CA observada


MS das rações e das sobras
% de MS
80
70
60
50
40
30
1
2
3
Períodos
MS da ração estimado
MS da ração observado
MS das sobras estimado
MS das sobras observado


FDN e HEM das sobras
% da MS
50
40
30
20
10
1
2
3
Períodos
FDN das sobras estimado
FDN das sobras observado
HEM das sobras estimado
HEM das sobras observado


Consumo FDN, FDA e HEM
kg de MS / dia
3,5
2,5
1,5
0,5
1
2
3
Períodos
CMS de FDN estimado
CMS de FDN observado
CMS de FDA estimado
CMS de FDA observado
CMS de HEM estimado
CMS de HEM observado

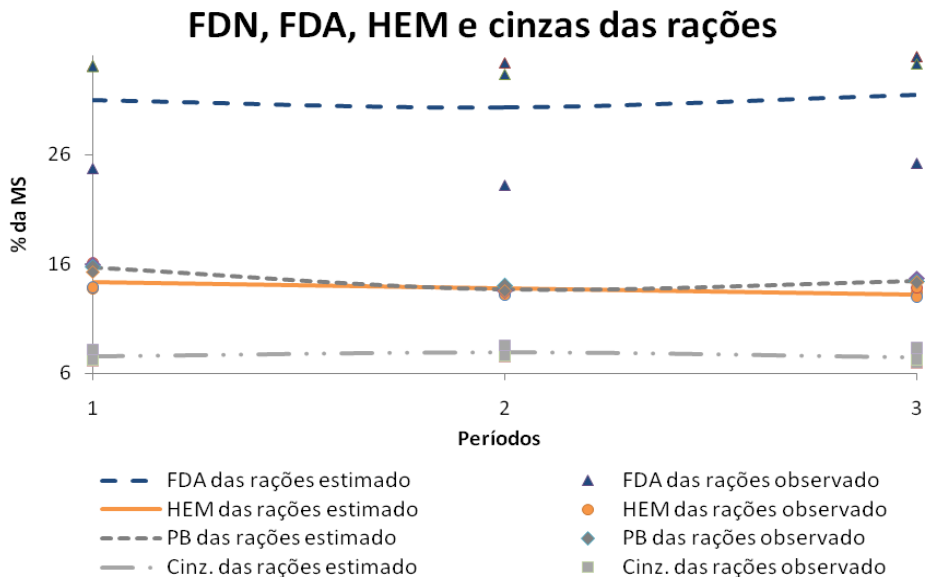


Figura 10 – Variáveis de desempenho dos animais e composição químico-bromatológica ao longo dos períodos experimentais

Como observado na Figura 10, o CMS %PV decresceu conforme os períodos avançaram, uma vez que os animais continuaram consumindo a mesma quantidade de matéria seca (7,8 kg), mesmo aumentando o peso corporal no decorrer dos períodos. Este fato foi acompanhado pelo decréscimo do GPD, que por sua vez, fez a conversão alimentar aumentar ao longo do tempo, sendo, portanto, menos eficiente.

Pereira et al. (2007) observaram redução no GPD de tourinhos Canchim, mantidos sob regime de confinamento, nos últimos períodos experimentais, quando os animais iniciaram a fase de acabamento de carcaça, que por sua vez, teve início quando os mesmos apresentaram aproximadamente 400 kg de PV e 3,0 mm de EGS.

Fato semelhante foi verificado no presente estudo, no entanto, esta redução no GPD foi observada mais precocemente, uma vez que o período experimental terminou quando os animais alcançaram aproximadamente 420 kg. Uma questão relevante nesse contexto pode ser atribuída à genética dos animais avaliados. Bianchini et al. (2007) avaliaram a EGS, por meio de ultra-sonografia, em novilhos superprecoces das raças Nelore e ½ Angus/Nelore e, observaram que os animais cruzados foram mais precoces no acabamento de carcaça, embora os da raça Nelore tivessem alcançado EGS satisfatória (4,84 mm) já no segundo período experimental. Embora no presente

estudo parte do mérito genético fosse atribuída à raça Pardo Suíço de corte, raça esta caracterizada pelo acabamento tardio de carcaça, os mesmos animais também possuíam genética de animais precoces, como Angus, conforme descrito no item 2.2.4.2. Assim, pode-se atribuir a redução do GPD ao longo dos períodos experimentais, acompanhada pelo aumento da conversão alimentar (Figura 10), observados no presente estudo, à fase de acabamento de carcaça caracterizada pela menor deposição de musculatura e maior deposição de tecido adiposo, justificando a diminuição da eficiência alimentar observada (BIANCHINI et al., 2007).

As variações observadas no teor de FDA, hemicelulose, PB e cinzas das rações observadas nos períodos experimentais podem estar relacionadas à variabilidade da constituição químico-bromatológica dos ingredientes utilizados.

2.3.2.3 Comportamento Ingestivo

Na Tabela 19 pode ser observado o tempo despendido pelos animais, com cada atividade do comportamento ingestivo avaliada, ao consumirem rações contendo PCUD ensilada ou não com benzoato de sódio e PCP.

Foi observada diferença ($P<0,05$) apenas para o tempo gasto com a ruminação e mastigação por kg de FDN consumido. A mesma diferença também foi detectada no primeiro ensaio de desempenho. Talvez a hipótese de que a polpa de citros úmida despectinada disponha de fibra com baixa efetividade física, já comentada no ensaio 1, possa ser justificável, já que os animais que consumiram as rações PCUD e PCUD-BNa, mesmo tendo consumido maior ($P<0,01$) quantidade de FDN (Tabela 16), despenderam menor tempo de mastigação e de ruminação por kg de FDN consumido ($P<0,05$) em relação à ração com PCP.

Tabela 19 – Comportamento ingestivo de bovinos de corte alimentados com rações PCP ou PCUD ensilada com ou sem benzoato de sódio

Variáveis[1]	Médias[2]			EPM	Efeito[3]
	PCP	PCUD-BNa	PCUD		T
Ruminação, min/dia	321	282	247	19,26	ns
min/kg FDN	36[a]	25[b]	23[b]	2,03	***
min/kg MS	14	12	11	0,87	ns
Ingestão, min/dia	160	201	202	12,16	ns
min/kg FDN	18	18	19	1,18	ns
min/kg MS	7	9	9	0,55	ns
Mastigação, min/dia	481	483	449	19,90	ns
min/kg FDN	54[a]	44[b]	41[b]	2,18	***
min/kg MS	21	21	19	0,95	ns
Ingestão de água, min/dia	10	9	13	2,35	ns
Ócio, min/dia	948	948	977	19,94	ns

[1] FDN – fibra em detergente neutro; MS – matéria seca;
[2] PCP – ração sem a adição de silagem de polpa de citros úmida despectinada; PCUD-BNa - ração contendo silagem de polpa de citros úmida despectinada aditivada com benzoato de sódio; PCUD – ração contendo silagem de polpa de citros úmida despectinada; EPM – erro padrão da média;
[3] T – tratamento; Minúsculas na linha diferem entre si pelo teste de Tukey; *** - significativo (P<0,01); ns – não significativo.

2.3.2.4 Avaliações no painel das silagens

Na Tabela 20, podem ser observados os dados relativos às variáveis avaliadas nos painéis do silo controle (silagem de PCUD sem aditivo químico) e do silo contendo aplicação em superfície de benzoato de sódio. São apresentados os dados relativos à altura total (cm) dos silos (medida do solo ao topo da massa), a porção (cm) julgada como deteriorada (porção superficial da massa), a média do pH (observada em dois pontos do painel), a quantidade de material deteriorado (já corrigido pelo teor de MS) e as notas relativas ao julgamento do aspecto visual do painel do silos atribuídas para a porção deteriorada e para a porção considerada apta para o consumo dos animais (fornecido).

Tabela 20 – Variáveis avaliadas nos painéis das silagens de polpa de citros úmida despectinada

Variáveis[1]	Fungo provável	Silo Controle	Silo Benzoato de sódio	EPM[2]	Efeitos[3]		Interação
					T	P	T x P
Altura total (cm)	-	44,94	42,41	0,7	**	***	***
Deteriorado (cm)	-	5,91	5,75	0,13	ns	***	ns
Deteriorado (kg MS/dia)	-	6,65	6,93	0,24	ns	***	ns
pH	-	2,85	2,84	0,03	ns	***	***
Avaliação visual – Porção fornecida (notas de 0 a 5)[4]							
Manchas brancas	*Geotrichum*	0,09	0,15	0,04	ns	***	ns
Branco pleno	*Byssochlamys*	0,22	0,3	0,05	ns	***	***
Branco c/ pontos pretos	*Mucorales*	0	0	-	-	-	-
Azulado	*Penicillium*	0,43	0,46	0,06	ns	***	ns
Vermelho felpudo	*Fusarium*	0	0	-	-	-	-
Vermelho sangue	*Monascus*	0	0	-	-	-	-
Cinza/escuro	*Aspergillus fumigatus*	0,27	0,86	0,07	***	**	***
Avaliação visual – Porção deteriorada (notas de 0 a 5)[4]							
Manchas brancas	*Geotrichum*	0,96	1,27	0,1	**	***	***
Branco pleno	*Byssochlamys*	0,52	0,21	0,07	***	***	***
Branco c/ pontos pretos	*Mucorales*	0	0	-	-	-	-
Azulado	*Penicillium*	1,57	1,1	0,09	***	***	**
Vermelho felpudo	*Fusarium*	0	0	-	-	-	-
Vermelho sangue	*Monascus*	0,07	0,38	0,06	***	**	ns
Cinza/escuro	*Aspergillus fumigatus*	3,97	3,83	0,03	***	**	***

[1] kg de MS – quilogramas de matéria seca; pH – potencial hidrogeniônico;
[2] EPM – erro padrão da média;
[3] T – tratamento; P – período; *** - significativo (P<0,01); ** - significativo (P<0,05);
[4] Avaliação visual estabelecida com base em crescimento fúngico, segundo critério desenvolvido pela Empresa Lallemand (Adaptado de Jouany e Diaz, 2005).

Devido à grande quantidade de dados, uma vez que os mesmos foram aferidos diariamente nos painéis dos silos em 40 pontos distintos, observou-se diferença (P<0,05) para a altura total dos silos, mesmo a diferença sendo apenas de aproximadamente dois centímetros entre os silos.

A camada superficial descartada em centímetros e quilogramas, em cada silo, não foi diferente (P>0,05), mesmo considerando o tratamento químico com benzoato de sódio que visava controlar estas perdas (Tabela 20). Na Figura 11, pode ser observada

a representação gráfica da altura total e da porção deteriorada da superfície de cada um dos silos avaliados, aonde se pode observar a semelhança entre os tratamentos e a deformação da massa ensilada, proporcionada pela acomodação da mesma ao longo do período de armazenamento. Ao avaliar apenas a porção deteriorada na superfície da massa, pode-se classificá-las como modestas, uma vez que Ashbell e Lisker (1987) encontraram perdas superficiais de silagens de polpa de laranja, armazenadas durante 142 dias, representando até 15 cm da superfície dos silos.

A quantidade descartada diariamente (6,65 e 6,93 kg de MS para os silos controle e benzoato de sódio, respectivamente) embora não tenham sido diferentes (P>0,05), representou, em média, 15% do que foi retirado diariamente do painel dos silos. Esse valor está, sobretudo, relacionado com a altura do silo, pois caso a mesma não tivesse diminuído com a acomodação da massa (como relatado no item 2.2.4.2.1) e a mesma camada (aproximadamente 6 cm) tivesse se deteriorado, certamente essa proporção seria menor.

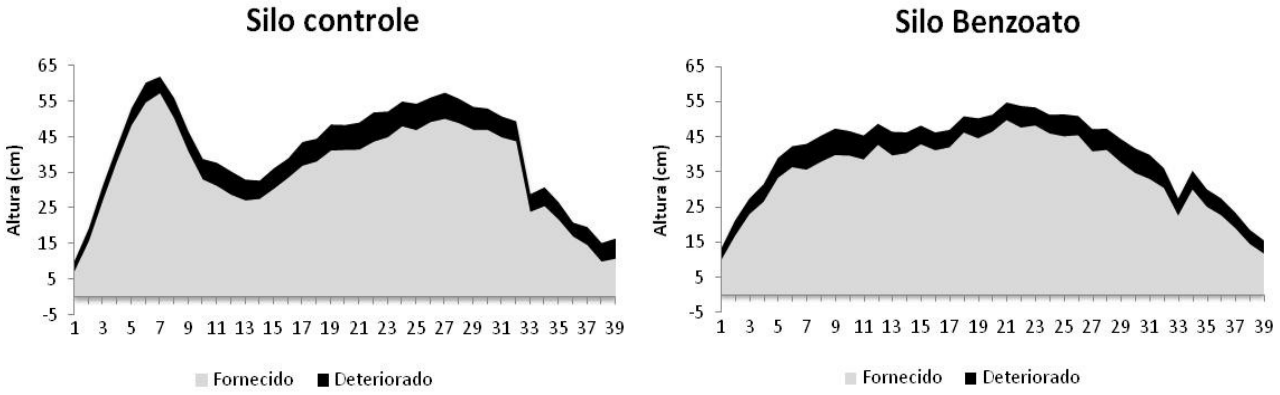


Figura 11 – Médias de altura total do silo e da espessura de camada deteriorada das silagens da polpa de citros úmida despectinada

É interessante ressaltar que o silo que recebeu o tratamento com benzoato de sódio em sua superfície, foi atingido por uma forte chuva que rompeu a lona que o cobria, o mesmo não ocorrendo com o silo controle. Assim, este fato pode ter influenciado decisivamente no controle das perdas superficiais ocorridas neste silo, devido à quebra da vedação e, supostamente, prejudicando o tratamento imposto.

Embora tenham sido observadas mudanças de coloração (Tabela 20) na porção do silo que fora fornecida aos animais, as notas baixas atribuídas nesta porção indicam que a massa foi pouco alterada e permaneceu bem conservada. Nas análises realizadas para detecção de aflatoxinas (B_1, B_2, G_1, G_2), nada foi encontrado. É válido ressaltar que o limite de detecção e quantificação da metodologia empregada nestas análises foi de 2,0 µg/kg, para cada aflatoxina avaliada.

A boa conservação da PCUD na forma de silagem pode ser parcialmente atribuída ao baixo pH (2,85 e 2,84 para a silagem controle e benzoato de sódio, respectivamente) e à alta concentração de ácido acético (10,2 e 10,8% MS para a silagem controle e benzoato de sódio, respectivamente).

Silagens de milho com 30 a 35% de MS e teor de CHO'S, no momento da ensilagem, variando entre 9 a 15% da MS, armazenadas aproximadamente por 100 dias, apresentaram pH variando entre 3,6 a 4,3, teor de lactato variando entre 3,6 a 7,7% da MS e, o teor de acetato entre 1,1 a 3,6% da MS, dependendo do tipo de aditivo utilizado para o controle da fermentação das massa ensilada (KUNG et al., 1998; RANJIT; KUNG, 2000; RODRIGUES et al., 2004). Embora nestas silagens, o principal responsável pela redução do pH da massa fora, principalmente, a presença de ácido lático, o ácido acético também pode realizar este papel, desde que esteja presente em altas proporções, como por exemplo, no observado em silagens de capins tropicais, aonde as bactérias heterofermentativas produzem elevadas proporções de acetato, podendo representar em torno de 5,5% da MS (Ribeiro, 2007). Além disso, silagens de milho inoculadas com bactérias heterofermentativas, como *L. buchneri*, que apresentam como característica a produção de ácido acético, foram as que apresentaram maior tempo de estabilidade aeróbia, após a abertura dos silos (RANJIT; KUNG, 2000). No presente estudo, mesmo a quantidade de lactato (Tabela 14) sendo inferior àquela comumente observada na silagem de milho, o pH da PCUD foi inferior (Tabela 20). Assim, o alto teor de ácido acético observado na PCUD pode ter contribuído decisivamente no pH encontrado e, conseqüentemente, na preservação do material, mesmo este sendo considerado um ácido fraco.

Outro fator que pode ter contribuído para preservação do material foi a massa específica das silagens. Nas amostragens de triagem realizadas nas silagens de PCUD,

observaram-se valores próximos de 1000 kg de MV/m^3. Esta alta massa específica pode ser atribuída, principalmente, ao aspecto físico deste co-produto, devido ao seu reduzido tamanho de partícula e, ao elevado teor de umidade, resultantes do processamento industrial recebido, que por sua vez, possibilitaram a boa compactação do material. Este valor encontrado para a massa específica sugere que havia pouco espaço para a entrada de oxigênio na porção central dos silos, justificando desta forma, porque as notas de avaliação visual, atribuídas à porção fornecida aos animais (Tabela 20), foram inferiores àquelas atribuídas à porção superficial da massa ensilada, uma vez que nesta última, o contato com o oxigênio era inevitável.

A presença de oxigênio no armazenamento de forragens, na forma de silagem, é fator decisivo na espoliação da massa, pois microrganismos oxidam rapidamente os carboidratos solúveis disponíveis, privando-os de serem fermentados, e atrasando desta forma o declínio do pH. A presença de oxigênio remanescente em silagens mal compactadas, apresentando massa específica próxima de 400 kg de MV/m^3 para silagens de milho ou alfafa, logo após a ensilagem, não provoca perdas significativas de MS, caso o silo esteja perfeitamente vedado. No entanto, a existência de acesso contínuo de oxigênio, provocado, por exemplo, por falhas na vedação do silo, podem comprometer todo o processo de armazenamento (MUCK, 1988). Neste contexto, a alta massa específica observada na silagem de PCUD, sugerindo pequena porosidade na massa ensilada, pode ter contribuído decisivamente no impedimento da penetração do oxigênio no material ensilado, pois como comentado anteriormente, os silos apresentaram algumas falhas na vedação, devido à acomodação da massa ensilada.

A porção superficial, como ilustrado graficamente na Figura 11, foi intensivamente colonizada por microrganismos. As colorações branca (pleno), azulada e cinza escuro, que segundo a Tabela 3 (item 2.2.6) representariam os fungos *Byssochlamys*, *Penicillium* e *Aspergillus fumigatus*, respectivamente, receberam notas maiores ($P<0,05$) para o silo controle. Talvez, para estes microrganismos, a ação antifúngica do benzoato de sódio tenha surtido efeito, embora as perdas superficiais dos silos não tenham diferido ($P>0,05$) entre os tratamentos, quanto à altura e quantidade em kg da porção deteriorada. Kleinschmit, Schmidt e Kung (2005), observaram que silagens de milho com 30% de MS e teor de CHO'S representando

cerca de 15% da MS, no momento da ensilagem, aditivadas com benzoato de sódio (0,1% da MV), não diferiram do tratamento controle quanto à quantidade de leveduras presentes na massa ensilada (4,43 vs. 3,47 log_{10} UFC/g de MV para a silagem controle e aditivada com benzoato de sódio, respectivamente), embora, a silagem aditivada com benzoato tenha proporcionado maior preservação de CHO'S (9,67 vs. 2,70% da MS), menor produção de etanol (0,74 vs. 2,76% da MS) e maior tempo de estabilidade aeróbia (165 vs. 39 h) da forragem após a abertura do silos experimentais. No presente estudo, o teor de CHO'S da silagem de PCUD aditivada com benzoato de sódio não diferiu (P>0,05) da silagem controle (11,3 e 10,3% da MS, respectivamente), no entanto, a menor nota visual atribuídas à coloração da superfície do silo aditivado com benzoato de sódio, sugerindo menor colonização por aqueles fungos, corrobora os dados de estabilidade aeróbia encontrados por Kleinschmit, Schmidt e Kung (2005), pois os fungos são considerados importantes agentes espoliadores do painel de silagens após a abertura dos silos.

A colonização por fungos na superfície de silagens pode receber influência do clima e de práticas de ensilagem, como por exemplo, o tipo do silo e do filme plástico utilizado para vedação durante a confecção, tendo em vista que estes serão os principais responsáveis pelo impedimento do contato do oxigênio com a superfície da massa ensilada (O'BRIEN et al., 2005). Skaar e Stenwig (1996) observaram em silagens de gramíneas utilizando silos tipo bola (*big bale silage*) que os principais fungos espoliadores da massa superficial foram do gênero *Penicillium, Aspergillus, Mucorales e Geotrichum*, observados em 72, 32, 23 e 11% do total de 571 amostras de silagens avaliadas. O'Brien et al. (2005), observaram no mesmo tipo de silagem, que fungos do gênero *Penicillium, Geotrichum e Fusarium* estiveram presentes em 86, 8 e 1,1%, dos silos avaliados, respectivamente. Semelhante foi observado por O'Brien et al. (2007a) e O'Brien et al. (2007b), onde fungos do gênero *Penicillium* e *Geotrichum* foram isolados em 86 e 78; 16 e 23% dos silos avaliados, respectivamente. Pode-se observar que os principais fungos deterioradores das superfícies de silagens encontrados por estes autores, supostamente, também foram observados nas avaliações visuais realizadas na silagem de PCUD e, em menor proporção na silagem de PCUD aditivada com benzoato de sódio. Isso sugere que a silagem de PCUD pode estar sujeita à

deterioração superficial pelos mesmos tipos de microrganismos observados em silagens de gramíneas e, a necessidade do isolamento, identificação e controle destes agentes com intuito de garantir a inocuidade da PCUD fornecida aos animais.

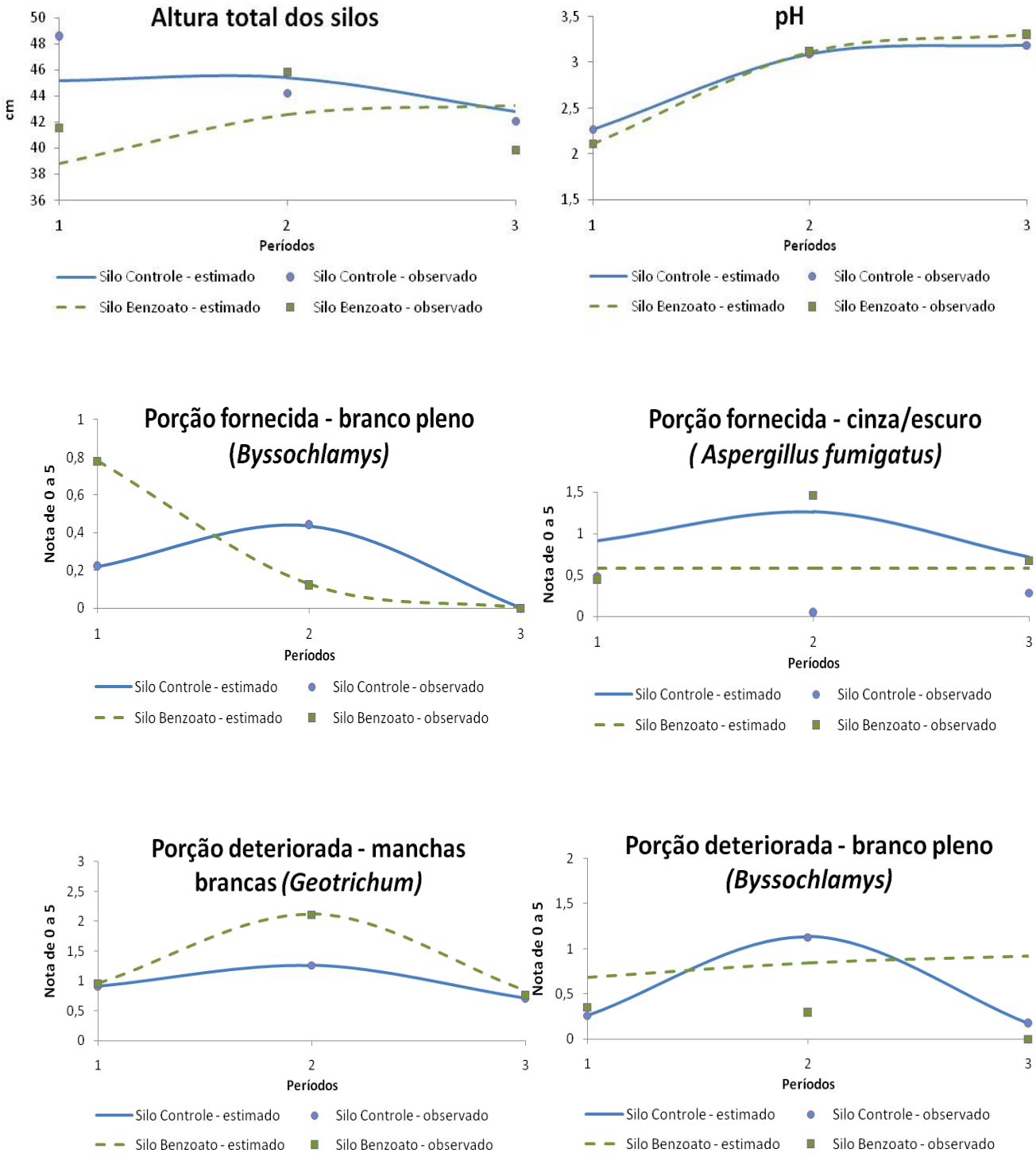
Na Tabela 21, podem ser observadas as equações de regressão para as variáveis que apresentaram efeito significativo (P<0,05), em cada tratamento, ao longo dos períodos experimentais.

Tabela 21 - Equações de regressão dos parâmetros do painel das silagens em função do período para os tratamentos

Variáveis[1]	Fungo provável	Silos	Equações de regressão[2]
Altura total	-	Controle	$Y = 42,0984 + 4,5022*PER – 1,4214*PER^2$
		Benzoato	$Y = 31,9641 + 8,3909*PER – 1,5386*PER^2$
pH	-	Controle	$Y = 0,7396 + 1,8893*PER – 0,3572*PER^2$
		Benzoato	$Y = 0,2922 + 2,2228*PER – 0,4063*PER^2$
Avaliação visual – Porção fornecida			
Branco pleno	*Byssochlamys*	Controle	$Y = - 0,6522 + 1,1957*PER – 0,3261*PER^2$
		Benzoato	$Y = 1,9728 – 1,4565*PER + 0,2663*PER^2$
Cinza/escuro	*Aspergillus fumigatus*	Controle	$Y = 1,5960 – 1,4592*PER + 0,3415*PER^2$
		Benzoato	$Y = 0,58$
Avaliação visual – Porção deteriorada			
Manchas brancas	*Geotrichum*	Controle	$Y = - 0,3351 + 1,6984*PER – 0,4502*PER^2$
		Benzoato	$Y = - 2,6721 + 4,8587*PER – 1,2301*PER^2$
Branco pleno	*Byssochlamys*	Controle	$Y = - 2,4369 + 3,6193*PER – 0,9166*PER^2$
		Benzoato	$Y = 0,4292 + 0,2977*PER – 0,04512*PER^2$
Azulado	*Penicillium*	Controle	$Y = 0,9027 + 1,6371*PER – 0,5167*PER^2$
		Benzoato	$Y = - 1,5549 + 3,3557*PER – 0,8211*PER^2$
Cinza/escuro	*Aspergillus fumigatus*	Controle	$Y = 3,95$
		Benzoato	$Y = - 3,6576 + 0,1998*PER$

[1] pH – potencial hidrogeniônico;
[2] PER – período.

Analogamente, na Figura 12, pode ser observada a representação gráfica do comportamento das interações significativas (P<0,05) dos tratamentos em função dos períodos experimentais, para as variáveis avaliadas no painel das silagens.



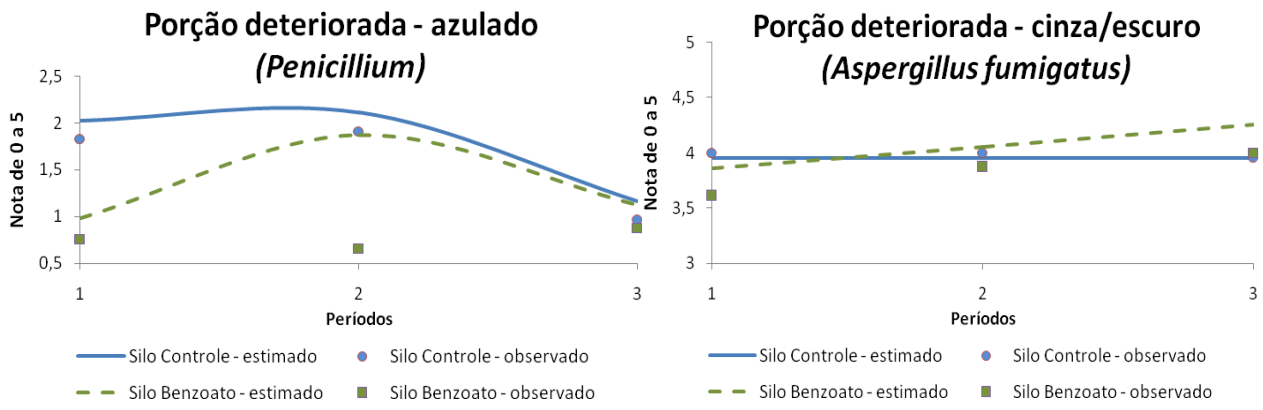


Figura 12 – Interações dos tratamentos em função dos períodos experimentais para as avaliações do painel das silagens de PCUD

Na Figura 12, observou-se um aumento no pH das silagens de PCUD conforme os períodos experimentais avançaram. Isso provavelmente ocorreu, pois após a abertura dos silos, para a utilização durante o ensaio experimental, o contato da massa ensilada com o oxigênio ambiental aumentou, pois o filme plástico já não estava vedando totalmente o painel do mesmo. Assim, possivelmente, a atividade de microrganismos aeróbios aumentou com o passar do tempo e, com ela, provavelmente o consumo do conteúdo ácido. No entanto, a preservação do material não foi comprometida, já que o pH no último período experimental ainda foi inferior a 3,5. As variações observadas nas notas visuais podem ser parcialmente atribuídas ao acomodamento da PCUD ao longo dos períodos experimentais, uma vez que foram utilizados silos do tipo superfície.

Na Tabela 22, podem ser observadas as equações de regressão para as variáveis que apresentaram efeito significativo ($P<0,05$) para as avaliações do painel das silagens de PCUD, ao longo dos períodos experimentais.

Tabela 22 - Equações de regressão dos parâmetros avaliados no painel das silagens em função dos períodos experimentais

Variáveis	Fungo provável	Equações de regressão[1]
Deteriorado (cm)	-	$Y = 9{,}6141 – 3{,}1396*PER + 0{,}5828*PER^2$
Deteriorado (kg)	-	$Y = 11{,}8510 – 5{,}3160*PER + 1{,}1639*PER^2$
Avaliação visual – Porção fornecida		
Manchas brancas	*Geotrichum*	$Y = - 0{,}5294 + 0{,}8886*PER – 0{,}2328*PER^2$
Azulado	*Penicillium*	$Y = - 0{,}5432 + 1{,}1782*PER – 0{,}2584*PER^2$
Avaliação visual – Porção deteriorada		
Vermelho sangue	*Monascus*	$Y = 0{,}5438 + 0{,}1972*PER – 0{,}03233*PER^2$

[1] PER - período

Na Figura 13, pode ser observado a representação gráfica referente ao comportamento das interações significativas (P<0,05) das variáveis avaliadas no painel das silagens ao longo dos períodos experimentais.

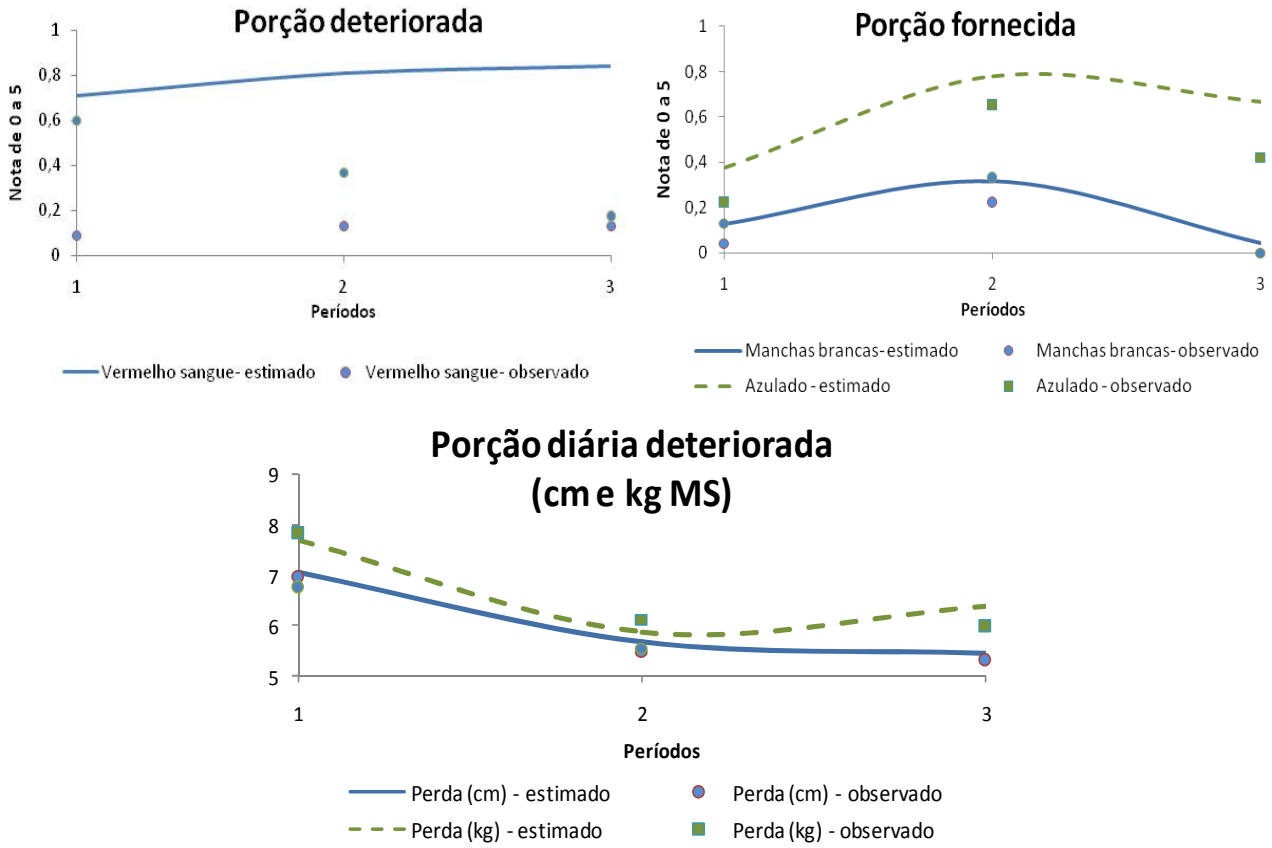


Figura 13 – Parâmetros avaliados no painel dos silos ao longo dos períodos experimentais

Embora tenham sido observadas alterações na avaliação visual das colorações vermelho sangue (*Monascus*) na porção deteriorada e, manchas brancas (*Geotricum)* e azulado (*Penicillium)* na porção fornecida aos animais, para os períodos experimentais, as notas variaram de 0 a 0,8, sugerindo que são pouco relevantes na avaliação dos painéis das silagens de PCUD. Ainda na Figura 13, pode-se observar que a altura (cm) da porção diária deteriorada diminuiu ($P<0,05$) conforme os períodos experimentais avançaram e, no último período, a porção (kg de MS) deteriorada do painel, que também decrescia, aumentou. Isso pode ter ocorrido por um provável aumento no teor de matéria seca na porção deteriorada no último período experimental.

3 CONCLUSÕES

A polpa de citros úmida despectinada *in natura* ou armazenada na forma de silagem, pode ser utilizada como fonte energética em rações de alto concentrado (85%) para bovinos de corte, na dose de substituição de 30% à polpa cítrica peletizada, sem comprometer o desempenho dos animais.

Em rações com alto teor de concentrado (85%) para bovinos de corte em terminação, os valores de energia para polpa de citros úmida despectinada e para a polpa cítrica peletizada, preditos pelo NRC (2001), são subestimados. Os desvios dessa predição foram mais acentuados para a PCUD que para a PCP.

A polpa de citros úmida despectinada pode ser armazenada na forma de silagem sem o uso de aditivos químicos para o controle da deterioração no centro da massa ensilada.

O benzoato de sódio, na dose de 0,18% da MV, aplicado superficialmente, não foi capaz de controlar a deterioração na superfície da silagem de PCUD, embora mais estudos devam ser realizados visando à aplicação deste aditivo em tipos de silo mais apropriados para o armazenamento deste co-produto.

O silo tipo superfície não é uma boa alternativa para a ensilagem de polpa de citros úmida despectinada, uma vez que este co-produto tende a se acomodar e, isso altera sua conformação física, tornando-o mais susceptível à deterioração aeróbia e perdas de superfície.

Referências

ALKIRE, D.O. **Effects of feeding citrus pulp supplements on the performance of growing beef cattle**. 2003. 85p. Dissertação (Mestrado em Ciência) - Universidade da Flórida, Gainesville, 2003.

ANDERSEN, H.R.; INGVARTSEN, K.L. The influence of energy level, weight at slaughter and castration on growth and feed efficiency in cattle. **Livestock Production Science**, Amsterdan, v. 11, p. 559-569, 1984.

ASHBELL, G. Conservation of citrus peels by ensiling for ruminant feed. In: SIMPÓSIO DE UTILIZAÇÃO DE CO-PRODUTOS AGROINDUSTRIAIS E RESÍDUOS DE COLHEITA NA ALIMENTAÇÃO DE RUMINANTES. 1992. São Carlos. **Anais**... São Carlos, 1992. p. 189-190.

ASHBELL, G.; DONAHAYE, E. Losses in orange peel silage. **Agricultural Wastes**, Barking, v.11, p.73-77, 1984.

ASHBELL, G.; DONAHAYE, E. Laboratory trials on conservation of orange peel silage. **Agricultural Wastes**, Barking, v.15, p.133-137, 1986.

ASHBELL, G.; LISKER, N. Chemical and microbiological changes occurring in orange peels and in the seepage during ensiling. **Biological Wastes**, Barking, v.21, p.213-220, 1987.

ASHBELL, G.; WEINBERG, Z.G. Orange Peels: The effect of blanching and calcium hydroxide addition on ensiling losses. Short Communication. **Biological Wastes**, Barking, v.23, p.73-77, 1988.

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

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY. **Official methods**. 16th ed. Washington, 1995, cap. 49, p. 1-49.

BALLARD, C.S.; THOMAS, E.D.; TSANG, D.S.; MANDEBVU, P.; SNIFFEN, C.J.; ENDRES, M.I.; CARTER, M.P. Effect of corn silage hybrid on dry matter yield, nutrient composition, *in vitro* digestion, intake by dairy heifers, and milk production by dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v.84, n.2, p.442-452, 2001.

BAMPIDIS, V.A.; ROBINSON, P.H. Citrus by-products as ruminant feeds: A review. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v.128, p.175-217, 2005.

BEN-GHEDALIA, D.; YOSEF, E.; MIRON, J.; EST, Y. The effects of starch and pectin-rich diets on quantitative aspects of digestion in sheep. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v.24, p.289-298, 1989.

BERNDT, A. **Composição corporal e exigências líquidas de energia e proteína de tourinhos Santa Gertrudis alimentados com dietas de alto teor de concentrado**. 2000. 73 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2000.

BIANCHINI, W; SILVEIRA, A.C; MARTINS, C.L; ARRIGONI, M.B; JORGE, A.M; RODRIGUES, E. Acompanhamento do crescimento dos tecidos muscular adiposo de bovinos nelore, ½ Aberdeen Angus x Nelore e Brangus terminados no sistema de produção superprecoce. **Revista Electrônica de Veterinária**, Málaga, v.8, n.6, 2007. Disponível em: <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n060607.html>. Acesso em: 23 jan. 2007.

BLAIN, J.C; DURIX, A; TRANCHANT, B. Kinetics of ethanol metabolism in sheep. **Reproduction Nutrition Development**, Les Ulis, v. 32, p. 83-90, 1992.

BLOCK, H.C.; McKINNON, J.J.; MUSTAFA, A.F.; CHRISTENSEN, D.A. Manipulation of cattle growth to target carcass quality. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 79, p. 33-40, 2001.

BULLE, M.L.M.; RIBEIRO, F.G.; LEME, P.R.; TITTO, E.A.L.; LANNA, D.P.D. Desempenho de tourinhos cruzados em dietas de alto teor de concentrado com bagaço de cana-de-açúcar como único volumoso. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Brasília, v.31, n.1, suppl., p.444-450, 2002.

CAMPOS, F.P.; NUSSIO, L.G.; NUSSIO, C.M.B. **Métodos de análises de alimentos**. Piracicaba, 2002. 102p.

CARDOSO, G.C; GARCIA, R; SOUZA, A.L; PEREIRA, O.G; ANDRADE, C.M.S; PIRES, A.J.V; BERNARDINO, F.S. Desempenho de novilhos Simental alimentados com silagem de sorgo, cana-de-açúcar e palhada de arroz tratada ou não com amônia anidra. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Brasília, v. 33, n.6, p. 2132-2139, 2004.

CARVALHO, M.P. Citros. In: PEIXOTO, A.M.; MOURA, J.C.; FARIA, V.P. (Ed.). In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 6., 1995. Piracicaba. **Anais**...Piracicaba: FEALQ, 1995. p. 171-214.

CEVERA, C.; CARMONA, J.F.; MARTI, J. Effect of urea on the ensiling process of orange pulp. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v.12, p.233-238, 1985.

CHAPMAN Jr., H.L.; AMMERMAN, C.B.; BAKER Jr., F.S.; HENTGES, J.F.; HAYES, B.W.; CUNHA, T.J. **Citrus Feeds for Beef Cattle**. Department of Animal Science, Florida Cooperative Extension Service, Gainesville, Institute of Food and Agricultural, AN041. BUL75, 2000. p. 1-20.

DEAVILLE, E.R.; MOSS, A.R.; GIVENS, D.I. The nutritive value and chemical composition of energy-rich by-products for ruminants. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v.49, p.261-276, 1994.

DUBOIS, M.; GILLES, K.A.; HAMILTON, J.K.; REBERS, P.A.; SMITH, F. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. **Analytical Chemistry**, Washington, v. 28, p.350, 1956.

EASTRIDGE, M.L. Major advances in applied dairy cattle nutrition. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v.89, p.1311–1323, 2006.

EZEQUIEL, J.M.B. Uso da polpa cítrica na alimentação animal. In: BUTOLO, J.E.; JUNQUEIRA, O.M.; MIYADA, V.S. (Ed.). In: SIMPÓSIO GOIANO SOBRE MANEJO E NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 3., 2001. Goiânia. **Anais**... Goiânia: CBNA, 2001. p. 329-346.

EZEQUIEL, J.M.B.; GALATI, R.L.; MENDES, A.R.; FATURI, C. Desempenho e característica de carcaça de bovinos Nelore em confinamento alimentados com bagaço de cana-de-açúcar e diferentes fontes energéticas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Brasília, v.35, n.5, p.2050-2057, 2006.

FARIA, V.P.; TOSI, H.; SILVEIRA, A.C. Avaliação da polpa de laranja fresca e ensilada como alimento para bovinos. **O Solo**, Piracicaba, v.63, n.2, p.49-55, 1971.

FRANÇOIS, J.; VAN SCHAFTINGEN, E.; HERS, H.G. Effect of benzoate on the metabolism of fructose 2,6-bisphosphate in yeast. **European Journal of Biochemistry**, Oxford, v.154, p.141-145, 1986.

FREITAS, A.R; PRESOTTI, C.V; TORAL, F.L.B. Alternativas de análises em dados de medidas repetidas de bovinos de corte, **Revista Brasileira de Zootecnia**. Brasília, v. 34, n.6, p. 2233-2244, 2005.

GUTMANIS, D. **Níveis de bagaço auto-hidrolisado e de cana-de-açúcar na alimentação de bovinos confinados**. 1990. 110 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1990.

HALL, M.B. Working with sugars (and molasses). In: ANNUAL FLORIDA RUMINANT NUTRITION SYMPOSIUM, 13., 2002. Gainesville. **Proceedings**… Gainesville, 2002. p.11-12.

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**, Amsterdam, v.70, p.23-39, 1998.

HALL, M.B.; LEWIS, B.A.; VAN SOEST, P.J.; CHASE, L.E. A simple method for estimation of neutral detergent-soluble fiber. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 74, p. 441-449, 1997.

HALL, M.B.; HOOVER, W.H.; JUNNINGS, J. P.; WEBSTER, T.K.M. A method for partitioning neutral detergent soluble carbohydrates. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 79, p. 2079-2086, 1999.

HAUSKNECHT, J.C.O.V. **Efeito da fonte de fibra e do processamento físico do sorgo sobre o desempenho, digestibilidade e parâmetros ruminais de bovinos alimentados com rações a base de bagaço tratado sob pressão e vapor**. 1996. 86p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1996.

HENDERSON, N. Silage additives. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v.45, p.35-56, 1993.

HENRIQUE, W.; SAMPAIO, A.A.M.; LEME, P.R.; LANNA, D.P.D.; ALLEONI, G.F.; COUTINHO FILHO, J.L.V. Desempenho e características da carcaça de tourinhos Santa Gertrudis confinados, recebendo dietas com alto concentrado e níveis crescentes de polpa cítrica peletizada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Brasília, v.33, n.2, p.463-470, 2004.

HENRIQUE, W.; LEME, P.R.; LANNA, D.P.D.; COUTINHO FILHO, J.L.V.; PERES, R.M.; JUSTO, C.L.; SIQUEIRA, P.A.; ALLEONI, G.F. Substituição de amido por pectina em dietas com diferentes níveis de concentrado. Desempenho animal e características da carcaça. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Brasília, v.27, n.6, p.1206-1211, 1998.

HOLDEN, L.A. Comparison of methods of *in vitro* dry matter digestibility for ten feeds. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 82, n. 8, p. 1791-1794, 1999.

INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA. **Previsões e estimativas das safras agrícolas do Estado de São Paulo, ano agrícola 2005/2006: quarto levantamento**. São Paulo, 2006.

ÍTAVO, L.C.V.; SANTOS, G.T.; JOBIM, C.C.; VOLTOLINI, T.V.; FERREIRA, C.C.B. Avaliação da silagem de bagaço de laranja com diferentes aditivos por intermédio dos parâmetros de fermentação ruminal de ovinos e contribuição energética dos ácidos graxos voláteis. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Brasília, v.29, n.5, p.1491-1497, 2000.

ÍTAVO, L.C.V.; SANTOS, G.T.; JOBIM, C.C.; VOLTOLINI, T.V.; BORTOLASSI, J.R.; FERREIRA, C.C.B. Aditivos na conservação do bagaço de laranja *in natura* na forma de silagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Brasília, v.29, n.5, p.1474-1484, 2000a.

ÍTAVO, L.C.V.; SANTOS, G.T.; JOBIM, C.C.; VOLTOLINI, T.V.; FARIA, K.P.; FERREIRA, C.C.B. Composição e digestibilidade aparente da silagem de bagaço de laranja. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Brasília, v.29, n.5, p.1485-1490, 2000b.

JOUANY, J.P.; DIAZ, D.E. Effects of mycotoxins in ruminants. In: DIAZ, D. (Ed.). **The mycotoxin blue book**. Nottingham: Nottingham University Press, 2005. chap. 14, p. 295-321.

KHALILI, H.; HUHTANEN, P. Sucrose supplements in cattle given grass silage-base diet. 2. Digestion of cell wall carbohydrates. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v.33, p.263-272, 1991.

KLEINSCHMIT, D.H; SCHMIDT, R.J; KUNG Jr, L. The effects of various antifungal additives on the fermentation and aerobic stability of corn silage. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 88, p. 2130-2139, 2005.

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

KREBS, H.A.; WIGGINS, D.; STUBBS, M. Studies on the mechanism of the antifungal action of benzoate. **Biochemical Journal**, London, v.214, p.657-663, 1983.

KUNG Jr, L. Preparation of silage water extracts for chemical analyses. (**Standard operating procedure** – 001 2.03.96.) local: Newark. University of Delaware – Ruminat Nutrition Lab. Worrilow 309, 1996.

KUNG Jr, L.; SHEPERD, A.C.; SMAGALA, A.M.; ENDRES, K.M.; BESSETT, C.A.; RANJIT, N.K.; GLANCEY, J.L. The effect of preservatives based on propionic acid on the fermentation and aerobic stability of corn silage and a total mixed ration. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v.81, n.5, p.1322-1330, 1998.

LAMBERT, R.J; STRATFORD, M. Weak-acid preservatives: modelling microbial inhibition and response. **Journal of Applied Microbiology**. Oxford, v. 86, p. 157-164, 1999.

LEME, R.P.; LANNA, D.P.D.; HENRIQUE, W.; ALLEONI, G.F.; BOIN, C. Substituição do grão de milho por polpa de citros em dietas com diferentes níveis de concentrado. 2. Taxas de deposição e composição química corporal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Brasília, v.29, n.3, p.834-839, 2000.

LEME, R.P.; SILVA, S.L.; PEREIRA, A.S.C.; PUTRINO, S.M.; LANNA, D.P.D.; NOGUEIRA FILHO, J.C.M. Utilização de bagaço de cana-de-açúcar em dietas com elevada proporção de concentrados para novilhos Nelore em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Brasília, v.32, n.6, supl. 1, p.1786-1791, 2003.

LEWIS, A.L.; COX, W.J.; CHERNEY, J.H. Hybrid, maturity, and cutting height interactions on corn forage yield and quality. **Agronomy Journal,** Madison, v.96, n.1, p.267-274, 2004.

LEONARDI, C.; GIANNICO, F.; ARMENTANO, L.E. Effect of water addition on selective consumption (sorting) of dry diets by dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 88, p. 1043-1049, 2005.

LOFGREEN, G.P; GARRETT, W.N. A system for expressing net energy requirements and feed values for growing and finishing beef cattle. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 27, p. 793-806, 1968.

LOURES, D.R.S; NUSSIO, L.G; PAZIANI, S.F; PEDROSO, A.F; MARI, L.J; RIBEIRO, J.L; ZOPOLLATTO, M; SCHMIDT, P; JUNQUEIRA, M.C; PACKER, I.U; CAMPOS, F.P. Efeito de enzimas fibrolíticas e do teor de matéria seca em silagens de capim-Tanzânia sobre os parâmetros ruminais, o comportamento ingestivo e a digestão de nutrientes, em bovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Brasília, v. 34, n. 3, p. 736-745, 2005.

MAEKAWA, M.; BEAUCHEMIN, K.A.; CHRISTENSEN, D.A. Chewing activity, saliva production, and ruminal ph of primiparous and multiparous lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 85, p. 1176–1182, 2002.

MANZANO, R.P.; FUKUSHIMA, R.S.; GOMES, J.D.F.; GARIPPO, G. Digestibilidade do bagaço de cana-de-açúcar tratado com reagentes químicos e pressão de vapor. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Brasília, v. 29, n. 4, p. 1196-1204, 2000.

McDONALD, P.; HENDERSON, A.R.; HERON, S.J.E. **The biochemistry of silage**. 2nd ed. Merlow: Chalcombe Publications, 1991. 340p.

MEGIAS, M.D.; TEREL, A.M.; GALLEGO, J.A.; NÚÑEZ, J.M. Chemical changes during the ensiling of orange peel. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v.43, p.269-274, 1993.

MENEZES, L.F.G.; BRONDANI, I.L.; ALVES FILHO, D.C.; RESTLE, J.; ARBOITTE, M.Z.; FREITAS, L.S.; PAZDIORA, R.D. Características da carcaça de novilhos de diferentes grupos genéticos, terminados em confinamento, recebendo diferentes níveis de concentrado. **Ciência Rural**. Santa Maria, v. 35, n. 5, p. 1141-1147, 2005.

MIRON, J.; YOSEF, E.; BEN-GHEDALIA, D. Composition and *in vitro* digestibility of monosaccharide constituents of selected byproduct feeds. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, Easton, v.49, p.2322-2326, 2001.

MIRON, J.; YOSEF, E.; BEN-GHEDALIA, D.; CHASE, L.E.; BAUMAN, D.E.; SOLOMON, R. Digestibility by dairy cows of monosaccharide constituents in total mixed rations containing citrus pulp. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v.85, p.89-94, 2002.

MUCK, R.E. Factors influencing silage quality and their implications for management. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v.71, p. 2992-3002, 1988.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrients requirements of beef cattle**. 6th ed. Washington, D.C.: National Academy of Sciences, 1984. 90p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrients requirements of beef cattle**. 7th ed. Washington, D.C.: National Academy of Sciences, 1996. 242p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7th ed. Washington: National Academy Press, 2001. 408p.

NOGUEIRA, K.A.; NOGUEIRA FILHO, J.C.M.; LEME, P.R.; VALINOTE, A.C.; LUZ, S.S.; CUNHA, J.A. Substituição do milho pela polpa de citros sobre a fermentação ruminal e protozoários ciliados. **Acta Scientiarum of Animal Science**, Maringá, v.27, n.1, p.123-127, 2005.

NUSSIO, L.G. **Efeito de níveis de concentrado sobre o desempenho de bovinos e a digestibilidade de dietas a base de bagaço de cana-de-açúcar (*Saccharun sp L*) tratado sob pressão e vapor**. 1993. 147 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1993.

NUSSIO, L.G; SCHMIDT, P. Silagens de cana-de-açúcar para bovinos leiteiros: aspectos agronômicos e nutricionais. SANTOS, F.A.P; MOURA, J.C; FARIA, V.P. (Ed.) In: SIMPÓSIO SOBRE BOVINOCULTURA LEITEIRA, VISÃO TÉCNICA E ECONÔMICA DA PRODUÇÃO LEITEIRA, 5., 2005. Piracicaba. **Anais**... Piracicaba, FEALQ, 2005. p. 193-218.

O'BRIEN, M; O'KIELY, P; FORRISTAL, P.D; FULLER, H,T. Fungi isolated from contaminated baled grass silage on farms in the Irish Midlands. **FEMS Microbiology Letters**, Amsterdam, v. 247, p. 131-135, 2005.

O'BRIEN, M; O'KIELY, P; FORRISTAL, P.D; FULLER, H,T. Quantification and identification of fungal propagules in well-managed baled grass silage and in normal on-farm produced bales. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 132, p. 283-297, 2007a.

O'BRIEN, M; O'KIELY, P; FORRISTAL, P.D; FULLER, H,T. Visible fungal growth on baled grass silage during the winter feeding season in Ireland and silage characteristics associated with the occurrence of fungi. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v.139, p.234-256, 2007b.

OLIVEIRA, N.J.F.; MELO, M.M.; ARAÚJO, M.S. Variação temporal de características clínicas em bovinos mestiços alimentados com polpa cítrica peletizada. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v.54, n.3, 2002.

PALENZUELA, R.P. Los ácidos orgánicos como agentes antimicrobianos. In: CURSO DE ESPECIALIZACIÓN (FEDNA), 16., 2000. Barcelona. **Anais**... Barcelona, FEDNA, 2000.

PALMQUIST, D.; CONRAD, H. Origin of plasma fatty acids in lactating cows fed high fat diets. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v.54, n. 7, p. 1025-1033, 1971.

PASCUAL, J.M.; CARMONA, J.F. Composition of citrus pulp. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v.5, p.1-10, 1980.

PEREIRA, E.M. **Substituição de milho por ingredientes alternativos na dieta de tourinhos confinados na fase de terminação**. 2005. 85 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

PEREIRA, E.M.; SANTOS, F.A.P.; NUSSIO, L.G.; PEDROSO, A.M.; COSTA, D.F.A.; IMAIZUMI, H.; BITTAR, C.M.M. Estimativa de energia metabolizável de rações com polpa cítrica em substituição ao milho para tourinhos em terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Brasília, v.36, n.1, p.216-224, 2007.

PRADO, I.N.; PINHEIRO, A.D.; ALCALDE, C.R.; ZEOULA, L.M.; NASCIMENTO, W.G.; IWAYAMA, P.T. Níveis de substituição do milho pela polpa de citrus peletizada sobre o desempenho e características de carcaça de bovinos mestiços confinados. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Brasília, v.29, n.6. (supl. 1), p.2135-2141, 2000.

PRAPHAILONG, W.; FLEET, G.H. The effect of pH, sodium chloride, sucrose, sorbate and benzoate on the growth of food spoilage yeasts. **Food Microbiology**, London, v.14, p.459-468, 1997.

PRYCE, J.D. A modification of the Barker-Summerson method for the determination of lactic acid. **The Analyst**, London, v.94, p. 1151-1152, 1969.

QUEIROZ, O.C.M.; NUSSIO, L.G.; SCHMIDT, P.; RIBEIRO, J.L.; SANTOS, M.C.; ZOPOLLATTO, M. Silagem de cana-de-açúcar comparada a fontes tradicionais de volumosos suplementares no desempenho de vacas de alta produção. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Brasília, v.37, n.2, p.358-365, 2008.

RANJIT, N.K.; KUNG Jr., L. The effect of *Lactobacillus buchneri, Lactobacillus plantarum*, or a chemical preservative on the fermentation and aerobic stability of corn silage. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v.83, n.3, p.526-535, 2000.

RESENDE, F.D; QUEIROZ, A.C; OLIVEIRA, J.V; PEREIRA, J.C; MÂNCIO, A.B. Bovinos mestiços alimentados com diferentes proporções de volumoso:concentrado. 1. Digestibilidade aparente dos nutrientes, ganho de peso e conversão alimentar. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Brasília, v. 30, n.1, p. 261-269, 2001.

RESTLE, J.; ALVES FILHO, D.C.; FATURI, C.; ROSA, J.R.P.; PASCOAL, L.L.; BERNARDES, R.A.C.; KUSS, F. Desempenho na fase de crescimento de machos bovinos inteiros ou castrados de diferentes grupos genéticos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Brasília, v. 29, n. 4, p. 1036-1043, 2000.

RIBEIRO, J.L. **Silagens de capim Marandu e Tanzânia avaliadas quanto as perdas de conservação, perfil fermentativo, valor nutritivo e desempenho de animais, na presença de aditivos químicos, microbianos e fontes absorventes de umidade**. 2007. 262 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

RIVAS, M.M.D.; BARRERA, G.J.A.; TERUEL, M.A.; CASTRO, G.A.G. Silage of by-products of Orange. Evolution and modification of quality of fermentation. **Options Méditerranéenes**, Paris, n.16, p.145-147, 1991.

RODRIGUES, P.H.M.; RUZANTE, J.M.; SENATORE, A.L.; LIMA, F.R.; MELOTTI, L.; MEYER, P.M. Avaliação do uso de inoculantes microbianos sobre a qualidade fermentativa e nutricional da silagem de milho. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Brasília, v. 33, n. 3, p. 538-545, 2004.

SANTOS, F.A.P.; PEREIRA, E.M.; PEDROSO, A.M. Suplementação energética de bovinos de corte em confinamento. In: SIMPÓSIO SOBRE BOVINOCULTURA DE CORTE, 5., 2004. Piracicaba. **Anais**... Piracicaba, FEALQ, 2004. p. 261-297.

SANTOS, G.T.; ÍTAVO, L.C.V.; MODESTO, E.C.; JOBIM, C.C.; DAMASCENO, J.C. Silagens alternativas de resíduos agroindustriais. JOBIM, C.C.; CECATO, U.; DAMASCENO, J.C.; SANTOS, G.T. (Ed.) In: SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS, 2001. Maringá. **Anais**...Maringá, UEM/CCA/DZO, 2001. 319 p.

SCHMIDT, P. **Perdas fermentativas na ensilagem, parâmetros digestivos e desempenho de bovinos de corte alimentados com rações contendo silagens de cana-de-açúcar**. 2006. 229 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

SILVA, S.L. **Estimativas de características de carcaça e ponto ideal de abate por ultra-sonografia, em bovinos submetidos a diferentes níveis energéticos na ração**. 2002. 80 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2002.

SILVA, S.L; LEME, P.R; PEREIRA, A.S.C; PUTRINO, S.M. correlações entre características de carcaça avaliadas por ultra-som e pós-abate em novilhos Nelore, alimentados com altas proporções de concentrado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Brasília, v. 32, n.5, p. 1236-1242, 2003.

SILVA, S.R.; MENDONÇA, A.S.F. Correlação entre DBO e DQO em esgotos domésticos para a região da Grande Vitória – ES. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v.8, n.4, p.213-220, 2003.

SKAAR, I; STENWIG, H. Malt-Yeast Extract-Sucrose agar, a suitable medium for enumeration and isolation of fungi from silage. **Applied and Environmental Microbiology**, Baltimore, v. 62, n. 10, p. 3614-3619, 1996.

STROBEL, H.J.; RUSSELL, J.B. Effect of pH and energy spilling on bacterial protein synthesis by carbohydrate-limited cultures of mixed rumen bacteria. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v.69, p.2941-2947, 1986.

TILLEY, J.M.A.; TERRY, R.A. A two-stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. **Journal of the British Grassland Society**, Oxford v.18, p. 104-111, 1963.

TRIPODO, M.M.; LANUZZA, F.; MICALI, G.; COPPOLINO, R.; NUCITA, F. Citrus waste recovery: a new environmentally friendly procedure to obtain animal feed. **Bioresource Technology**, Essex, v. 91, p.111-115, 2003.

VALADARES FILHO, S.B. Nutrição, avaliação de alimentos e tabelas de composição de alimentos para bovinos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37., 2000. Viçosa. **Anais** ... Viçosa:SBZ, 2000. 1 CD-ROM.

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

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

VARGAS, E.A; SANTOS, E.A; SILVA, C.M.G; CASTRO, L; REIS, R.A. Métodos analíticos de referência e usuais para determinação de aflatoxinas, ocratoxina A, zearalenona, tricotecenos e fumonisina B1 em produtos, co-produtos e derivados de origem vegetal. Brasília: **Diário Oficial da União**, 30 de Março, 2000 (Instrução Normativa n. 9, 24 de Março de 2000).

VILARREAL, M.; COCHRAN, R.C.; ROJAS-BOURRILLÓN, A.; MURILLO, O.; MUNÕZ, H.; POORE, M. Effect of supplementation with pelleted citrus pulp on digestibility and intake in beef cattle fed a tropical grass-based diet (*Cynodon nlemfuensis*). **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v.125, p.163-173, 2006.

VILELA, M.S; FERREIRA, M.A; VÉRAS, A.S.C; SANTOS, M.V.F; FARIAS, I; MELO, A.A.S; RAMALHO, R.P; ARAÚJO, P.R.B. Avaliação de diferentes suplementos para vacas mestiças em lactação alimentadas com cana-de-açúcar: desempenho e digestibilidade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Brasília, v. 32, n. 3, p. 768-777, 2003.

WEINBERG, Z.G.; PAHLOW, I.G.; DINTER, B.; ASHBELL, G. The effect of treatment with urea, sorbic acid, or dehydration on orange peel silage. Short communication. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v.20, p.335-342, 1988.

WEISS, W.P.; CONRAD, H.R.; PIERRE, R.S. A theoretically-base model for predicting total digestible nutrient values of forages and concentrates. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v.39, p.95-119, 1992.

WIBBERTMANN, A.; KIELHORN, J.; KOENNECKER, G.; MANGELSDORF, I.; MELBER, C. **Benzoic acid and sodium benzoate**. Concise International Chemical Assessment Document, 26. World Health Organization. Geneva: 2000. 46p.

WILES, P.G.; GRAY, I.K.; KISSLING, R.C. Routine analysis of proteins by Kjeldahl and Dumas methods: review and interlaboratory study using dairy products. **Journal of AOAC International**, Washington, v. 81, n. 3, p. 620-632, 1998.

ZINN, R.A.; SHEN, Y. An evaluation of ruminally degradable intake protein and metabolizable amino acid requirements of feedlot calves. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 76, p. 1280–1289, 1998.

ZINN, R.A.; OWENS, F.N.; WARE, R.A. Flaking corn: processing mechanics, quality standards, and impacts on energy availability and performance of feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.80, p.1145-1156, 2002.