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

Estudo das perdas de amido em confinamentos brasileiros e do uso do amido fecal como ferramenta de manejo de bovinos confinados

Mariana Caetano

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

Piracicaba
2008

Mariana Caetano
Zootecnista

Estudo das perdas de amido em confinamentos brasileiros e do uso do amido fecal como ferramenta de manejo de bovinos confinados

Orientador:
Prof. Dr. **DANTE PAZZANESE D. LANNA**

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

Caetano, Mariana
Estudo das perdas de amido em confinamentos brasileiros e do uso de amido fecal como ferramenta de manejo de bovinos confinados / Mariana Caetano. - - Piracicaba, 2008.
76 p. : il.

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

1. Amido 2. Confinamento animal 3. Dieta animal 4. Gado Nelore 5. Raças animais – avaliação I. Título

CDD 636.213
C128e

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

Dedicatória

A Deus,
por me acompanhar, guiar e iluminar sempre o meu caminho;

Aos meus pais Marcos e Cleusa,
pelo exemplo de bondade e honestidade, pelos ensinamentos, dedicação e pelo eterno amor e incentivo;

Aos meus irmãos Tatiana, Fabiana, Luciana, Marcos e cunhados,
pelo carinho, apoio, compreensão e incentivo mesmo à distância;

Aos meus sobrinhos Luana e Luan,
pelo carinho e pela felicidade que me proporcionam;

Ao meu namorado Rodrigo,
pelo amor, companheirismo, dedicação, incentivo e por todos os momentos vividos;

Aos meus sogros Olavo e Nair e seus familiares Vivian, Leandro, Edenize e Sidnei,
pelo carinho e apoio;

Aos meus avós e familiares presentes e que se foram,
pelo apoio e carinho mesmo a distância;

Com muito amor e gratidão,
DEDICO

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Dante Pazzanese D. Lanna pelos ensinamentos transmitidos, pela confiança depositada, pela ajuda, apoio e amizade durante estes anos.

Aos professores e/ou pesquisadores Irineu U. Packer, Paulo R. Leme, Rodrigo de Almeida, Sérgio Medeiros, Alexandre Berndt, Gerson Mourão e Maria da Graça Morais por todas as contribuições e ensinamentos transmitidos.

Aos pesquisadores Mary B. Hall, Fred Owens e Richard A. Zinn por me ajudarem, mesmo à distância, com os ensaios de amido realizados no Laboratório de Nutrição e Crescimento Animal.

Aos professores do Departamento de Zootecnia pelos ensinamentos, convívio e amizade durante o curso.

Aos amigos do Laboratório de Nutrição e Crescimento Animal – Maria Antônia, Eduardo Eifert, Laudi, Liana, Patrícia Pauletti, Liris, Rodrigo Goulart, Beatriz, Tiago, Amoracyr, Patrícia Santos, Raphael, Yuri, Michele, Roberta, Luis Eduardo, Gabriela e Miriã. Em especial para o Eduardo Eifert que muito me ajudou na elaboração do projeto; ao Laudi e Patrícia Pauletti que me ajudaram com o novo protocolo de amido; a Liana, Amoracyr, Roberta e Luis Eduardo pelas coletas realizadas em grupo; a Gabriela e Miriã pelo auxílio nas intensas análises laboratoriais; a Maria Antônia que sempre me ajudou durante todo o projeto e a Michele que me ajudou e apoiou durante o término da dissertação.

Aos amigos e colegas Rodrigo Goulart, Rodrigo Gomes, Renata Branco, Amaury Valinote, Andréa Souza, Yuri Farjala e Tiago Albertini que me forneceram todos os dados necessários de seus próprios experimentos, para que eu pudesse desenvolver parte da minha dissertação.

Ao Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Corte (Embrapa, Campo Grande), Centro de Pesquisa de Pecuária do Sudeste (Embrapa, São Carlos), Instituto de Zootecnia (IZ, Sertãozinho e Andradina) e Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos (FZEA, Pirassununga) da Universidade de São Paulo pelas informações transmitidas.

À Dr. Carla Bittar, chefe do Laboratório de Bromatologia da ESALQ e ao técnico César que me auxiliaram na realização das análises bromatológicas.

Aos amigos e colegas do Departamento de Zootecnia e da ESALQ que foram adquiridos nas disciplinas cursadas e durante as análises laboratoriais, pelo companheirismo e pela ajuda prestada.

À minha prima Petra e amigas Débora e Carla por dividirem os momentos bons e os críticos durante todo o curso. E aos amigos Tibério, Tiago e Cacau pelos momentos de descontração.

À Associação Nacional dos Confinadores (ASSOCON) e toda a sua diretoria pela ajuda prestada.

Às empresas Tortuga, Nutron, Integral, Novanis, Alltech e seus respectivos funcionários que me ajudaram nas coletas realizadas nos confinamentos comerciais.

Aos confinamentos comerciais que sempre me receberam com as portas abertas e foram bastante receptivos.

À Giovana, secretária da pós-graduação do curso de Ciência Animal e Pastagens, por toda atenção e apoio.

À Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" pela oportunidade e pela contribuição em minha formação.

À CAPES pela concessão da bolsa de estudos.

À FAPESP pela concessão do Projeto de Auxílio, que permitiu a condução do experimento.

A todos que de maneira direta ou indireta contribuíram para a realização desse trabalho tão especial, permanece aqui os meus agradecimentos.

SUMÁRIO

RESUMO 9
ABSTRACT 10
1 INTRODUÇÃO 11
Referências 18
2 EFEITO DO GRUPO GENÉTICO E PERÍODO DE COLETA NO TEOR DE AMIDO FECAL EM BOVINOS CONFINADOS 22
Resumo 22
Abstract 22
2.1 Introdução 23
2.2 Material e Métodos 24
2.2.1 Experimentos desenvolvidos 24
2.2.2 Análises laboratoriais 27
2.2.3 Análises estatísticas 28
2.2.4 Resultados e Discussão 29
2.3 Conclusões 34
Referências 34
3 RELAÇÃO ENTRE TEOR DE AMIDO FECAL E DESEMPENHO DE BOVINOS DE CORTE DE DIFERENTES GRUPOS GENÉTICOS 37
Resumo 37
Abstract 37
3.1 Introdução 38
3.2 Material e Métodos 39
3.2.1 Experimentos participantes, animais e manejo 39
3.2.2 Análises laboratoriais 40
3.2.3 Análises estatísticas 41
3.2.4 Resultados e Discussão 42
3.3 Conclusões 46
Referências 47

4 ESTUDO DOS FATORES QUE DETERMINAM AS PERDAS DE AMIDO EM CONFINAMENTOS COMERCIAIS 49
Resumo 49
Abstract 49
4.1 Introdução 50
4.2 Material e Métodos 52
4.2.1 Experimento desenvolvido 52
4.2.2 Análises laboratoriais 53
4.2.3 Análises estatísticas 53
4.2.4 Resultados e Discussão 54
4.3 Conclusões 58
Referências 58
5 DESENVOLVIMENTO DE EQUAÇÕES PARA PREDIÇÃO DO TEOR DE AMIDO FECAL DE BOVINOS POR ESPECTROSCOPIA DE REFLECTÂNCIA DO INFRAVERMELHO PRÓXIMO (NIRS) 61
Resumo 61
Abstract 61
5.1 Introdução 62
5.2 Material e Métodos 63
5.2.1 Confinamentos e coleta de amostras 63
5.2.2 Análises laboratoriais 65
5.2.3 Espectroscopia de reflectância do infravermelho próximo (NIRS) 66
5.2.4 Resultados da calibração e validação das equações no NIRS 68
5.3 Conclusões 74
Referências 74

RESUMO

Estudo das perdas de amido em confinamentos brasileiros e do uso do amido fecal como ferramenta de manejo de bovinos confinados

O número de animais terminados em sistema de confinamento cresce rapidamente no Brasil, concomitante com aumento no teor de amido das dietas utilizadas. A expansão da agricultura e custos mais baixos por unidade de energia digestível proveniente do grão em relação aos volumosos deve acelerar este processo. Os objetivos deste trabalho foram: a) avaliar as perdas de amido em confinamentos comerciais; b) calibrar a metodologia de NIRS para estimativa do teor de amido fecal; c) estudar as relações entre parâmetros fecais (% de amido, MS e pH) com desempenho e eficiência de bovinos Nelore e cruzados recebendo dietas de médio/alto concentrado; d) avaliar o efeito do horário de coleta e da raça dos animais no teor de amido fecal. Foram avaliados os teores de amido fecal de animais de experimentos controlados e de confinamentos comerciais. Resultados de 2.003 amostras para teor de amido fecal foram analisados. Foi observada diferença no teor de amido fecal em função do horário de coleta tanto em experimento quanto em confinamentos comerciais ($P < 0,01$). Os teores de amido fecal em animais 100% Nelores foram maiores em comparação com o de animais cruzados ($P < 0,01$). Há necessidade de padronização do horário da coleta e grupo genético para utilizar o teor de amido nas fezes como indicador do uso de amido. Para os dados de experimentos controlados houve efeito de experimento ($P < 0,0001$), sexo ($P = 0,006$) e grupo genético ($P = 0,0466$), sendo maior o teor de amido fecal para machos e animais Nelore, quando comparados com fêmeas e cruzados. A correlação com amido nas fezes foi baixa ($r < 0,20$) para as variáveis peso médio metabólico ($kg^{0,75}$), consumo de matéria seca (kg/dia) e eficiência alimentar (kg/kg). Não houve correlação entre teor de amido fecal e consumo alimentar residual (CAR) para novilhas e touros Nelore, demonstrando que talvez o amido nas fezes não seja um boa ferramenta para selecionar os animais mais eficientes em dietas de baixo teor de amido. A correlação entre o teor de amido fecal com pH fecal para animais em confinamentos comerciais apresentou correlação negativa de $r = -0,57$ e $-0,51$ quando a fonte de amido foi milho e sorgo, respectivamente. Foi detectada diferença ($P = 0,0006$) no teor de pH fecal em função da fonte de amido da dieta (milho ou sorgo), 6,55 para o milho e 6,04 para o sorgo, sugerindo um menor aproveitamento do amido para os grãos de sorgo, embora o teor de amido fecal para as diferentes fontes avaliadas não tenha sido diferente ($P = 0,29$). Já para a %MS fecal, houve efeito de fonte de amido ($P = 0,06$), sendo os teores para milho menores (20,5%) em relação ao sorgo (23,1%). As 1.985 análises de amido nas fezes tanto dos experimentos quanto dos confinamentos comerciais permitiram a obtenção e validação de uma equação de calibração do NIRS para teor de amido fecal. Uma parte dos dados coletados foram utilizados na calibração e outra parte na validação independente da equação. Foram feitas equações para três diferentes conjuntos de amostras: a) todas independente da fonte de amido; b) amostras contendo o milho como principal fonte de amido; c) amostras contendo o sorgo como principal fonte de amido. Todas as equações apresentaram boa habilidade preditiva ($R^2 > 0,92$), alta acurácia (erros sistemático inferior a 2% do teor de amido fecal) sendo que uma única equação pode ser utilizada para estimar o teor de amido fecal independente da fonte de amido da dieta.

Palavras-chave: Confinamento; Fezes; Grupo genético; Nelore; Ruminantes

ABSTRACT

Study of the starch losses in Brazilian beef cattle and use of starch as a management tool in the feedlot

The number of animals finished in the feedlot system is rapidly growing in Brazil. At the same time there is an increase in the starch content of the diets. The expansion of grain production and lower costs of digestible energy from grain compared to roughages should accelerate this process. The objectives of this work were: a) evaluate starch losses in commercial feedlots; b) develop the NIRS methodology for fecal starch content; c) study the relationships between fecal parameters (%starch, dry matter and pH) with performance efficiency of Nellore and crossbreed cattle receiving diets of medium/high concentrate; d) evaluate the effect of time at fecal sample collection and animal breed on fecal starch content. The fecal starch content was determined on 2,003 samples. Fecal starch content was affected by time of fecal sample collection both in the controlled experiment and in commercial feedlots ($P < 0.01$). There was higher fecal starch content in animals 100% zebu compared to *B. taurus* crossbreds ($P < 0.01$). There is a need to standardize the time of collection and genetic group to use fecal starch as a management tool. There was an effect of experiment ($P < 0.0001$), sex ($P = 0.006$) and genetic group ($P = 0.0466$), with higher fecal starch content found for males, Nellore, when compared to females and crossbreds. The correlations between fecal starch and metabolic mid weight ($kg^{0.75}$), dry matter intake (kg/day) and feed efficiency (kg/kg) were low ($r < 0.20$). There was no correlation between fecal starch content and residual feed intake for Nellore heifers or bulls, suggesting starch content is not a good tool to determine efficient animals fed medium concentrate diets. The correlation between the level of fecal starch and fecal pH for animals in commercial feedlots showed a negative correlation of $r = -0.57$ and -0.51 when corn and sorghum were the sources of starch. Fecal pH was different ($P = 0.0006$) depending on the source of the dietary starch, 6.55 and 6.04 for corn and sorghum respectively, suggesting lower efficiency of starch use with sorghum. However there was no difference in fecal starch percentage for the two starch sources evaluated ($P = 0.29$). For the fecal DM, there was an effect of source of starch ($P = 0.06$), lower for corn (20.5%) when compared to sorghum (23.1%). The database obtained with the 1,985 lab analysis of fecal starch from both controlled experiments and commercial feedlots were used to develop a NIRS calibration equation for fecal starch content. Part of the analysis was used to independently validate the equations. Equations were developed from three different sets of samples: a) all samples regardless the starch source; b) samples where corn was the main source of starch c) samples were sorghum was the main source of starch. All equations had good predictive ability, with high regression coefficients ($R^2 > 0.92$) and low bias (< 2%) indicating high accuracy with independent data. Results suggest a single equation can be used to estimate the fecal starch regardless the source of starch in the diet.

Keywords: Feces; Feedlot; Genetic group; Nellore; Ruminants

1 INTRODUÇÃO

Os confinamentos no Brasil estão em franca expansão, o número de bovinos confinados vem crescendo substancialmente nos últimos anos, com uma taxa de crescimento médio anual de aproximadamente 10% (FNP, 2004). Mais de 2,3 milhões de bovinos são alimentados hoje e estima-se que 4,5 milhões de animais serão confinados no ano de 2012 (FNP, 2006).

É crescente também a utilização de dietas com elevadas proporções de concentrado. Isto ocorre devido à dificuldade de manejo de grandes quantidades de volumoso e, principalmente, dos preços mais baixos por unidade de energia dos principais ingredientes dos concentrados (por exemplo, milho e sorgo, no Centro-Oeste do País e da polpa cítrica no Centro-Sul). Aumentando o nível de concentrado, é possível obter taxas de ganho mais altas e conseguir acabamento mais rápido . O consumo de alimentos nestas dietas também é menor, contribuindo para ótimas conversões alimentares.

O desempenho animal é a melhor forma de verificar se rações estão bem formuladas. Entretanto, pesar os lotes como rotina é uma tarefa de difícil execução em confinamentos de grande porte, bem como é preciso esperar pelo menos 50 a 70 dias para poder comparar com o parâmetro esperado (e.g NRC). Há portanto a necessidade de se obter uma maneira prática e simples de verificar se as rações irão permitir o desempenho esperado.

De todas as substâncias contidas na dieta, o amido é de longe aquela que fornece a maior proporção da energia digestível consumida por um bovino confinado. Problemas com a sua digestibilidade, causados por um processamento inadequado, certamente reduzirão o desempenho animal.

A digestibilidade do amido pode variar grandemente dependendo de vários fatores como o tipo de grão de cereal, teor de amilopectina e de amilose, camada externa do grânulo, presença de uma matriz protéica revestindo o grânulo de amido, e método de processamento do grão que pode aumentar a área de superfície do grão, aumentando a susceptibilidade do amido à ação enzimática e um significativo aumento na digestibilidade tanto no rúmen como no intestino (ZEOULA; CALDAS NETO, 2001). De acordo com Theurer (1986), dois dos principais fatores que afetam a degradação ruminal do amido são a fonte de grão de cereal e a forma de processamento do grão. Herrera-Saldana, Hubber e Poore (1990) compararam a degradabilidade

ruminal do amido do milho, sorgo, trigo, cevada, e aveia. Os grãos foram classificados em ordem decrescente em função da degradabilidade ruminal: aveia (98%), trigo (95%), cevada (90%), milho (62%) e sorgo (49%). A principal razão para esta baixa degradabilidade do sorgo é provavelmente a presença de uma matriz protéica composta de gluteína, revestindo os grânulos de amido. Portanto, para se maximizar a digestibilidade do amido de sorgo tanto no rúmen como no intestino e no trato digestivo total, esta matriz protéica tem que ser quebrada e isto pode ser obtido através de diferentes métodos de processamento de grãos.

Owens et al. (1997) revisaram os resultados de 605 comparações de fontes de amido e tipos de processamento sobre o desempenho do gado de corte. Estes autores concluíram que as fontes de amido de alta digestibilidade ou as que sofreram processamento para aumentar a disponibilidade do amido, de forma geral, aumentaram a energia metabolizável das rações e diminuíram o consumo de matéria seca. Estes efeitos pareceram não alterar o ganho de peso entre os tratamentos, porém melhoraram a eficiência alimentar. O aumento da energia metabolizável foi relacionado possivelmente com a maior digestibilidade ruminal do amido, a qual está altamente correlacionada com uma maior digestibilidade total do amido (NOCEK; TAMMINGA, 1991). Os menores valores de ganho de peso observados por Owens et al. (1997) foram relacionados com a menor disponibilidade de energia metabolizável observado para as rações com sorgo, devido a sua menor digestibilidade ruminal e intestinal e também para as rações com trigo, que apesar de seu valor de energia metabolizável ser elevado o consumo é menor, diminuindo o consumo total de energia.

Em revisão feita por Zeoula e Caldas Neto (2001), estes autores apresentaram que a digestibilidade no trato total foi maior para grãos de milho floculado (98,9%) seguido por silagem de grão úmido (95,3%), milho laminado a vapor (93,2%), laminado (92,2%) e moído (90,0%). Para grãos de sorgo também obteve-se maior digestibilidade para o floculado (98,0%), seguido pelo laminado (88,0%) e com menor digestibilidade o sorgo moído (86,0%).

A má utilização do amido é uma preocupação no Brasil uma vez que trabalhos têm mostrado diferenças na digestão dos nutrientes (VALADARES FILHO et al., 1985; LANNA et al., 1997), particularmente do amido (MOORE; ESSIG; SMITHSON, 1975; OLBRICH JR., 1996), no consumo (ALMEIDA, 2005) e no desempenho (LANNA; ALMEIDA, 2004) de animais Nelore em relação aos europeus, puros ou cruzados.

As dietas de alto grão apresentam menores digestibilidades em animais puros zebuínos (MOORE; ESSIG; SMITHSON, 1975) que apresentam teores de amido fecal superiores aos de *Bos taurus* tanto em dietas de 85% como de 40% de concentrado na MS (OLBRICH JR, 1996). Nos zebuínos puros os ganhos de peso observados são muitas vezes inferiores aos esperados usando as equações do National Research Council - NRC, mesmo quando baseadas na composição da dieta e no consumo experimentalmente observado (NUSSIO, 1993). Há portanto a necessidade de se compreender melhor o aproveitamento do amido nestes animais.

Várias equações empregadas em normas de alimentação de bovinos como o NRC (1984 e 1996) e Agricultural and Food Research Council - AFRC (1993) não parecem ser inteiramente adequadas para zebuínos. Um exemplo seria a equação de estimativa do consumo alimentar, que foi obtida com animais de raças puras européias, e demonstrou ser inadequada para a estimativa do consumo de bovinos Nelore confinados (ALMEIDA, 2005). Neste caso, Almeida (2005) sugeriu novas equações de consumo para animais Nelore puros, enquanto que o consumo dos animais cruzados Nelore x *B. taurus* foi adequadamente estimado pelo NRC (1984, 1996). Portanto, é o animal 100% zebu que parece ter parâmetros distintos.

Regressão com dados de dezenas de dietas de pesquisas realizadas no Brasil tem mostrado que os zebuínos (Nelore) atingem o ápice da curva de consumo com menor concentração energética que os europeus e cruzados (ALMEIDA; LANNA, 2003). Concordando com as regressões, animais Brangus apresentaram o máximo consumo de matéria seca com 67,05% de NDT na dieta, enquanto que os animais Nelore apresentaram consumo máximo quando as dietas continham 64,10% de NDT (PUTRINO et al., 2002). Entretanto, as causas não estão bem claras: se ocorre uma diferença de digestibilidade dos nutrientes ou se há diferenças metabólicas entre os grupamentos genéticos no uso dos nutrientes absorvidos.

A observação de que há uma maior incidência de problemas de acidose em confinamentos comerciais com animais de sangue zebu tanto no Brasil (LANNA; ALMEIDA, 2004) quanto nos Estados Unidos (PRICE, 1985), México e Austrália, sugere que estudos específicos deveriam ser conduzidos e que há diferenças na digestão microbiana no rúmen e intestino grosso.

Em dietas ricas em concentrado, *Bos taurus* consomem mais alimentos em relação às suas exigências de manutenção que *Bos indicus*, e assim ganham peso mais rápido e de maneira mais eficiente (KREHBIEL; KREIKEMEIER; FERRELL, 2000). Não se sabe ao certo se esta

vantagem do bovino europeu (e do cruzado) sobre o zebuíno, quando submetidos a dietas com alto teor de concentrado, ocorre devido às diferenças no tamanho do trato gastrintestinal, produção enzimática, tipo de microflora ruminal e do trato posterior ou se há outras diferenças no metabolismo quanto ao aproveitamento do amido.

Nas dietas ricas em energia, os trabalhos de Moore, Essig e Smithson (1975) e Olbrich Jr. (1996) mostraram que animais Brahman apresentaram menor digestibilidade da MS, energia digestível e maior concentração de amido fecal em relação aos europeus. Olbrich Jr. (1996) também mostrou que os animais Brahman alimentados com 40% de concentrado e 60% de silagem de milho foram tão eficientes quanto aqueles alimentados com 15% de silagem e 85% de concentrado, ambos com média de ganho de 1,19 kg/dia. Este mesmo desempenho jamais seria previsto nem explicado pelo NRC (1996), AFRC (1993), Institut National de la Recherche Agronomique - INRA (1989) ou Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization - CSIRO (1990). Também foi possível notar que novilhos da raça Brahman possuem menor habilidade para digerir amido do que os animais da raça Angus. Em seu estudo, a concentração de amido fecal foi maior para animais Brahman (25,8% da MS fecal) em relação a dos animais da raça Angus (19,6% MS fecal).

A quantificação do amido fecal foi recentemente sugerida por Owens e Zinn (2005) como estimativa da digestibilidade do amido e do teor de energia líquida de manutenção e de ganho do milho. As equações descritas por estes autores e por Zinn et al. (2007) para a estimativa da digestibilidade do amido a partir do teor de amido fecal apresentam R^2 de 0,90 a 0,96 (Figura 1.1), sendo os R^2 maiores para a regressão múltipla que usa a análise do amido e do nitrogênio dietético e fecal. Zinn, Owens e Ware (2002) já haviam sugerido utilizar o teor de amido fecal para avaliar programas nutricionais de confinamentos.

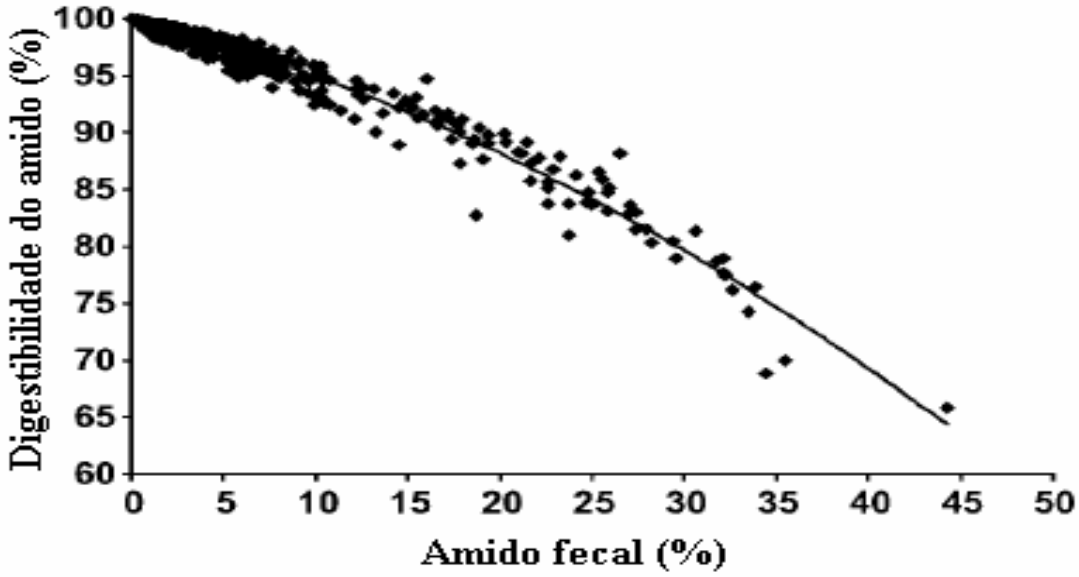

Figura 1.1 – Relação entre teor de amido fecal (%) e a digestibilidade do amido no trato total (%)
Adaptado de Zinn et al. (2007)

As regressões acima, com elevados R^2, foram obtidas com dados adquiridos em confinamentos americanos, que utilizam teores muito elevados de amido na dieta. A eficácia destas regressões em dietas com baixos teores de amido não foram bem estudadas, e é possível que o amido fecal não seja um bom estimador do real aproveitamento do amido dietético pelos ruminantes para dietas que apresentam um baixo percentual de amido.

As maiores concentrações de amido nas fezes indicam também uma provável alteração no local de digestão, passando do rúmen para o trato gastrintestinal posterior. Há uma divergência entre os pesquisadores em relação ao local de digestão mais eficiente para o amido. Durante a fermentação ruminal ocorrem perdas por calor e metano (OWENS; ZINN, 2005), enquanto que a digestão no duodeno e jejuno pode não ser plenamente eficiente devido à alta taxa de passagem do grão, adaptação enzimática na digestão do amido e absorção e utilização da glicose pelas vísceras drenadas pela veia porta (NOCEK; TAMMINGA, 1991; CHANNON; ROWE; HERD, 2004). Um maior metabolismo dos tecidos intestinais poderia utilizar grande parte da energia da glucose absorvida no duodeno e jejuno.

De acordo com Owens, Zinn e Kim (1986), a glicose absorvida no intestino teoricamente apresentaria uma eficiência energética 42% superior em relação aos AGV produzidos pela fermentação da glicose no rúmen. Entretanto, a maior fermentação de amido que

se obtém com fontes de amido de alta degradabilidade ruminal poderia garantir um maior aporte de energia total para o animal.

Alguns trabalhos têm demonstrado que o aumento do fluxo de proteína para o intestino delgado acarreta um aumento na síntese de amilase pancreática (HUNTINGTON, 1997). Desta forma, o incremento no fluxo de proteína para o intestino acarreta um aumento na digestibilidade do amido que chega ao intestino delgado e um aumento na concentração portal de glicose (TANIGUCHI; HUNTINGTON; GLENN, 1995). Estes resultados demonstram a importância da sincronização da degradabilidade ruminal entre as fontes de proteína e amido. A utilização das fontes de proteína e de amido de alta degradabilidade ruminal acarreta um aumento na eficiência microbiana e conseqüentemente um maior fluxo de proteína para o intestino delgado (SPICER et al., 1986; STREETER et al., 1989; ZINN, 1993a, b), aumentando a produção de amilase e permitindo melhor digestão do amido no intestino. Da mesma forma, quando se utilizam fontes de amido de baixa degradabilidade, a utilização de fontes de proteína de baixa degradabilidade permite um maior fluxo de proteína para o intestino, melhorando a digestão intestinal do amido.

A questão acima precisa ser avaliada ainda sob outro ponto de vista: o amido que escapa a digestão ruminal pode muitas vezes também não sofrer digestão no intestino delgado. Isto seria decisivo para definir a eficiência de conversão alimentar como um todo. Quando o amido chega ao intestino grosso, sofre fermentação microbiana. Neste local, devido à produção de ácido lático e ácidos voláteis, o pH da digesta diminui até o ponto de aumentar a osmolaridade, irritar a mucosa intestinal e provocar diarréia e diminuição da MS fecal (CHANNON; ROWE; HERD, 2004). Nestes casos nitrogênio sanguíneo também pode ser reciclado para o lúmen do intestino grosso e ser perdido nas fezes.

Channon, Rowe e Herd (2004) encontraram correlação negativa entre o conteúdo de MS fecal e o conteúdo de nitrogênio fecal, indicando a fermentação do amido no ceco. Entretanto, estes autores não verificaram correlação do pH fecal com o nitrogênio fecal ou a MS fecal.

Vários trabalhos (WHEELER; NOLLER, 1977; CHANNON; ROWE; HERD, 2004; DEPENBUSCH et al., 2008) apresentam correlação negativa entre amido fecal e pH fecal. O valor obtido por Wheeler e Noller, (1977) foram maiores, r = -0,82 e -0,94, quando comparado com os valores obtidos por Russell, Young e Jorgensen (1980) e Depenbusch et al. (2008) de r = -0,35 e r = -0,34, respectivamente. Entretanto, Galyean, Wagner e Owens (1979) apresentaram

valores de pH fecal mais altos para animais alimentados com dietas de grão inteiro em relação aos animais alimentados com grão moído. O teor de amido fecal foi maior para os animais que receberam grão de milho inteiro, ou seja, a correlação entre amido fecal e pH foi positiva, sugerindo que em animais que consomem grão inteiro esta relação é distinta.

O grau de processamento do grão pode influenciar o pH fecal (XIONG; BARTLE; PRESTON, 1991) e as perdas de amido. Olbrich Jr. (1996) demonstrou que animais alimentados com dietas contendo 60% de silagem de milho com milho inteiro apresentaram maior teor de amido nas fezes (25,4%) do que animais recebendo a mesma dieta contendo milho quebrado e moído (16,8% e 12,9%, respectivamente). Este experimento também demonstrou uma interação entre teor de volumoso e processamento.

Turgeon Jr., Brink e Britton (1983) observaram uma correlação entre amido fecal com amido ingerido ($r = 0,36$; $P < 0,01$) e com CMS em kg por dia ($r = 0,43$; $P < 0,01$), quando submetidos a dietas contendo 52,7% a 59,3% na MS de amido.

Channon, Rowe e Herd (2004) monitoraram novilhos em relação ao consumo, carcaça, ganho de peso e parâmetros fecais para investigar a associação com a digestão do amido. Estes autores demonstraram diferenças nas correlações genéticas para digestão do amido e para o conteúdo de MS fecal. Maior pH fecal e teor de MS, e menor concentração de amido fecal foram associados com animais mais eficientes, empregando o Consumo Alimentar Residual (CAR) como parâmetro de eficiência.

O grupo australiano já determinou haver diferenças genéticas na capacidade de digestão e aproveitamento do amido e sua associação ao CAR por parâmetros fecais, ou seja, animais com CAR negativo apresentam menor teor de amido fecal (CHANNON; ROWE; HERD, 2004). No Brasil, não há trabalhos que validem as informações de que o CAR esteja ligado à eficiência do aproveitamento de amido em animais Nelore confinados com dietas de alto grão.

Para os pesquisadores australianos, o amido que não é digerido no rúmen e intestino delgado, é posteriormente fermentado no intestino grosso, contribuindo para a menor eficiência de conversão e maior teor de água nas fezes. Isto dá suporte à idéia que a variação no local de digestão do amido seja um mecanismo responsável pelas diferenças no consumo e eficiência entre animais (de mesmo tamanho e taxa de crescimento). Além disso, este grupo observou que a eficiência da digestão do amido também pode ser geneticamente associada com outros

parâmetros de importância, como gordura de cobertura sobre a anca e costelas (CHANNON; ROWE; HERD, 2004).

Como mais de 55% dos animais confinados no Brasil são Nelore ou anelorados (CAVALCANTI; SCHIRNER; BOIN, 2005) que apresentam menor aproveitamento de amido, a possível correlação entre teor de amido nas fezes e eficiência deve ser estudada.

É possível estimar indiretamente o teor de amido nas fezes, através da análise do pH e/ou do teor de MS fecal (CHANNON; ROWE; HERD, 2004). Estes podem ser ferramentas bastante úteis, baratas e rápidas para a verificação da formulação de dietas ricas em energia.

O NIRS (Near Infrared Reflectance Spectrum) é uma ferramenta cada vez mais utilizada para estimar a composição de alimentos de forma rápida e barata. Entretanto, para ser eficiente é fundamental que boas equações de validação entre os teores medidos por análises diretas e o espectro do infravermelho próximo sejam desenvolvidas. A obtenção de uma equação de calibração para estimar o teor amido fecal através do uso do NIRS é a primeira etapa para a utilização desta tecnologia em confinamentos. Uma equação capaz de estimar com precisão e acurácia o teor real de amido fecal a partir do NIRS permitiria a avaliação de forma barata e rápida das perdas de amido com diferentes formulações.

Os objetivos neste estudo foram: a) medir as perdas de amido nos confinamentos de bovinos de corte no Brasil, incluindo a sua variabilidade; b) medir as diferenças para amido fecal entre os grupos genéticos zebuínos puros e cruzados presentes no sistema de produção nacional; c) desenvolver equações de calibração para utilização futura de analises das fezes com NIRS como ferramenta de manejo nutricional.

Referências

AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL. **Energy and protein requirement of ruminants: an advisory manual prepared by the AFRC technical committee on responses to nutrients.** Wallingford: CAB International, 1993. 159p.

ALMEIDA, R. **Consumo e eficiência alimentar de bovinos em crescimento.** 2005. 182 p. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

ALMEIDA, R.; LANNA, D.P.D. Influence of breed on performance and dry matter intake by feedlot bull calves in Brazil. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 81, suppl. 1, p. 111, 2003.

CAVALCANTI, M.R.; SCHIRNER, A.C.; BOIN, C. Pesquisa top Beefpoint de confinamentos. 2005. **Beefpoint**. Disponível em: http://www.beefpoint.com.br. Acesso em: 09 fev. 2006.

CHANNON, A.F.; ROWE, J.B.; HERD, R.M. Genetic variation in starch digestion in feedlot cattle and its association with residual feed intake. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, Collingwood, v. 44, p. 469-474, 2004.

COMMONWEALTH SCIENTIFIC AND INDUSTRIAL RESEARCH ORGANIZATION. **Feeding standards for Australian livestock:** ruminants. East Melbourne, 1990. 266 p.

DEPENBUSCH, B.E.; NAGARAJA, T.G.; SARGEANT, J.M.; DROUILLARD, J.S.; LOE, E.R.; CORRIGAN, M.E. Influence of processed grains on fecal pH, starch concentration, and shedding of *Escherichia coli* O157 in feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 86, p. 632-639, 2008.

FNP CONSULTORIA & COMÉRCIO. **ANUALPEC 2004**: anuário da pecuária brasileira. São Paulo, 2004. 376 p.

FNP CONSULTORIA & COMÉRCIO. **ANUALPEC 2006**: anuário da pecuária brasileira. São Paulo, 2006. 369 p.

GALYEAN, M.L.; WAGNER, D.G.; OWENS, F.N. Corn particle size and site and extent of digestion by steers. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 49, p. 204-210, 1979.

HERRERA-SALDANA, R.E.; HUBBER, J.T.; POORE, M.H. Dry matter, crude protein and starch degradability of five cereal grains. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 73, p. 2386-2393, 1990.

HUNTINGTON, G.B. Starch utilization by ruminants: from basics to the bunk. **Journal of Animal Science,** Savoy, v. 75, p. 852-867, 1997.

INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE. **Ruminant nutrition.** Paris: John Libbey Eurotext, 1989. 389 p.

KREHBIEL, C.R.; KREIKEMEIER, K.K.; FERRELL, C.L. Influence of *Bos indicus* crossbreeding and cattle age on apparent utilization of a high-grain diet. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 78, p. 1641-1647, 2000.

LANNA, D.P.D.; ALMEIDA, R. Exigências nutricionais e melhoramento genético para eficiência alimentar: Experiências e lições para um projeto nacional. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41., 2004, Campo Grande. **Anais**... Campo Grande: SBZ, 2004. p. 248-259.

LANNA, D.P.D.; LEME, P.R.; HENRIQUE, W.; BOIN, C.; ALLEONI, G.F. Substitution of starch for pectin crossbred zebu bulls: metabolizable and net energy requirements and efficiency of energy utilization. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 75, suppl. 1, p. 274, 1997.

MOORE, R.L.; ESSIG, H.W.; SMITHSON, L.J. Influence of breeds of beef cattle on ration utilization. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 41, n. 1, p. 203-207, 1975.

_____. **Nutrient requirements of beef cattle**. 6th ed. Washington: National Academy Press, 1984. 90 p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of beef cattle.** 7th ed. Washington: National Academy Press, 1996. 234 p.

NOCEK, J.E.; TAMMINGA, S. Site of digestion of starch in the gastrointestinal tract of dairy cows and its effect on milk yield and composition. **Jounal of Dairy Science**, Savoy, v. 74, p. 3598-3629, 1991.

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 (*Saccharum* sp. L) tratado sob pressão de vapor.** 1993. 147 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1993.

OLBRICH JR, J.F. **The effect of corn particle size and corn silage level on the performance of Angus (*Bos taurus*) and Brahman (*Bos indicus*) steers.** 1996. 181 p. Thesis (PhD – Animal Science) - University of Florida, Gainesville, 1996.

OWENS, F.; ZINN, R.A. Corn grain for cattle: influence of processing on site and extent of digestion. In: SOUTHWEST NUTRITION CONFERENCE, 2005. **Proceedings...** p. 86-112.

OWENS, F.N.; SECRIST, D.S.; HILL, W.J.;GILL, D.R. The effect of grain source and grain processing on performance of feedlot cattle: A review. **Journal of Animal Science,** Savoy, v. 75, p. 868-879, 1997.

OWENS, F.N.; ZINN, R.A.; KIM, Y.K. Limits to starch digestion in the ruminant small intestine. **Journal of Animal Science,** Savoy, v. 63, p. 1634-1648, 1986.

PRICE, D. The rumen in the feedlot. **Feedlot Management**. Minneapólis, v. 27, n.1, p.12-15, 1985.

PUTRINO, S.M.; LEME, P.R.; SILVA, S.L.; LANNA, D.P.D.; ALLEONI, G.F.; SCHALCH, F.J. Desempenho de tourinhos Brangus e Nelore alimentados com diferentes proporções de concentrado. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39., 2002, Recife. **Anais...** Recife: SBZ, 2002. p. 4.

RUSSELL, J.R.; YOUNG, A.W.; JORGENSEN, N.A. Effect of sodium bicarbonate and limestone additions to high grain diets on feedlot performance and ruminal and fecal parameters in finishing steers. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 51, p. 996-1002, 1980.

SPICER, L.A.; THEURER, C.B.; SOWE, J.; NOON, T. H. Ruminal and post-ruminal utilization of nitrogen and starch from sorghum grain-, corn- and barley-based diets by beef steers. **Journal of Animal Science,** Savoy, v. 62, p. 521-530, 1986.

STREETER, M.N.; WAGNER, D.G.; OWENS, F.N.; HIBBERD, C.A. Combinations of high-moisture harvested sorghum grain and dry-rolled corn: effects on site and extent of digestion in beef heifers. **Journal of Animal Science,** Savoy, v. 67, p. 1623-1633, 1989.

TANIGUCHI, K.; HUNTINGTON, G.B.; GLENN, B.P. Net nutrient flux by visceral tissues of beef steers given abomasal and ruminal infusion of casein and starch. **Journal of Animal Science,** Savoy, v. 73, p. 236-249, 1995.

THEURER, C.B. Grain processing effects on starch utilization by ruminants. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 63, p. 1649-1662, 1986.

TURGEON JR, O.A.; BRINK, D.R.; BRITTON, R.A. Corn particle size mixtures, roughage level and starch utilization in finishing steer diets. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 57, p. 739-749, 1983.

VALADARES FILHO, S.C.; SILVA, J.F.C; LEÃO, M.I.; CASTRO, A.C.G. Digestão total e parcial da matéria seca e carboidratos em bovídeos alimentados com duas proporções de volumoso: concentrado (60:40 e 40:60%). 3 – silagem de milho. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia,** Viçosa, v. 14, n. 5, p. 599-609, 1985.

WHEELER, W.E.; NOLEER, C.H. Gastrointestinal tract pH and starch in feces of ruminants. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 44, p. 131-135, 1977.

XIONG, Y.; BARTLE, S.J.; PRESTON, R.L. Density of steam-flaked sorghum grain, roughage level, and feeding regimen for feedlot steers. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 69, p. 1707-1718, 1991.

ZEOULA, L.M.; CALDAS NETO, S.F. Recentes avanços em amido na nutrição de gado leiteiro. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL EM BOVINOCULTURA LEITEIRA – NOVOS CONCEITOS EM NUTRIÇÃO, 2., 2001, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA, 2001. p. 249-284.

ZINN, R.A. Influence of processing on the feeding value of barley for feedlot cattle. **Journal of Animal Science,** Savoy, v. 71, p. 3-10, 1993a.

_____. Influence of processing on the feeding value of oats for feedlot cattle. **Journal of Animal Science,** Savoy, v. 71, p. 2303-2309, 1993b.

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.

ZINN, R.A.; BARRERAS, A.; CORONA, L.; OWENS, F.N.; WARE, R.A. Starch digestion by feedlot cattle: Predictions from analysis of feed and fecal starch and nitrogen. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 85, p. 1727-1730, 2007.

2 EFEITO DO GRUPO GENÉTICO E PERÍODO DE COLETA NO TEOR DE AMIDO FECAL EM BOVINOS CONFINADOS

Resumo

Em bovinos de corte, o teor de amido fecal tem excelente correlação com a digestibilidade do amido. Diversos autores têm sugerido utilizar o teor de amido fecal, como ferramenta de manejo em confinamentos. O objetivo do presente trabalho foi quantificar as perdas de amido fecal de bovinos confinados. Foram estudados os efeitos de grupo genético e de horário de coleta no teor de amido fecal. Em um primeiro experimento, foi realizada a coleta de quatro animais anelorados confinados recebendo dieta contendo na MS: 81% de concentrado, 19% de cana-de-açúcar picada e 26,5% de milho moído. Amostras de fezes foram coletadas ao longo de 24 horas. Em um segundo experimento foram coletadas amostras de fezes de animais cruzados e Nelore em quatro confinamentos comerciais. As dietas variaram de 68,8% a 83,0% de concentrado, apresentando valores estimados de nutrientes digestíveis totais (NDT) entre 65,7% a 73,2%. As fontes de amido eram milho e sorgo moídos. No primeiro experimento observou-se que as perdas de amido ao longo do dia apresentaram um comportamento polinomial, com maior teor durante as primeiras horas da manhã (período imediatamente pós-trato), seguido de queda e novo aumento dos teores horas antes do primeiro trato do dia seguinte. Já no segundo experimento, houve uma diferença (P = 0,0002) na concentração de amido fecal por horário de coleta. O teor de amido no período da manhã (07:00-12:00 horas) foi de 7,5% MS, e no período da tarde (12:30-18:00 horas) de 3,7%. Portanto, nos dois experimentos o teor de amido fecal no período da manhã foi significativamente maior. Houve um efeito de grupo genético no teor de amido fecal, animais Nelore apresentaram perdas fecais 28% maiores do que os animais europeus. Estes resultados demonstram que, para o uso do teor de amido fecal como parâmetro de manejo, o horário de coleta deve ser padronizado e os dados de animais de diferentes raças comparados separadamente.

Palavras-chave: Amido; Bovinos; Fezes; Grupo genético; Tempo

Abstract

Effect of genetic group and time of collection on fecal starch content of feedlot cattle

In beef cattle, fecal starch has excellent correlation with starch digestibility. Several authors have suggested using fecal starch as a management tool in feedlots. The objective of this study was to quantify the losses of fecal starch in feedlot cattle. We studied the effects of genetic group and period (time) of collection on fecal starch concentrations. In the first trial four Nellore steers received a diet containing 81% of concentrate, 19% of ground sugar-cane and 26.5% of ground corn in the DM. Samples from feces were collected over 24 hours. In a second trial feces samples were collected from Nellore and crossbred steers and bulls in four separate commercial feedlots. The diets varied from 68.8% to 83.0% concentrate, and estimated total digestible nutrients (TDN) concentrations varied from 65.7% to 73.2% in the DM. The sources of starch in these diets were ground corn and sorghum. In the first trial, the starch concentration in the feces

showed a polynomial behavior, with a greater content during the first hours of the morning (immediately post-feeding), followed by a fall in the afternoon and further increase in starch concentrations just before the next feeding of the following morning. In the commercial feedlots samples, there was a large difference (P = 0.0002) between the fecal starch concentration in the morning sampling (07:00-12:00 pm; 7.5% of the DM) compared to the afternoon sampling (3.7% of the DM; 12:30-18:00 pm). Thus, in both experiments fecal starch was significantly higher in the morning samples, when compared to those collected in the afternoon. Fecal starch content from purebred Nellore (100% *B. indicus*) was 28% higher than those from European (*B. taurus*) crossbreds. These results suggest that the use of fecal starch content as a nutritional management parameter requires the standardization of the collection period. In addition, data from different breeds require to be compared separately.

Keywords: Cattle; Feces; Genetic group; Starch; Time

2.1 Introdução

Com o intuito de aumentar e melhorar a eficiência e reduzir os custos de produção tem-se utilizado rações com altos teores de concentrado para os ruminantes, principalmente para bovinos confinados. Porém este aumento da eficiência pode ser incerto, em função de algumas variáveis tais como tipo e tamanho de partícula do grão e do volumoso, tratamento dado aos grãos e tipo de animal, entre outros.

O aproveitamento do amido pelos animais depende principalmente da fonte de amido e do processamento que o grão recebe. Alguns trabalhos (ZINN; OWENS; WARE, 2002; OWENS; ZINN, 2005; CHANNON; ROWE; HERD, 2004) mostram que a digestão do amido da dieta pode ser monitorado pela sua concentração nas fezes. Estes trabalhos sugerem que a correlação entre teor de amido fecal e digestibilidade do amido é alta, permitindo boas estimativas da digestibilidade do amido, sem a necessidade da coleta total de fezes por períodos longos. Entretanto, dados de teor de amido fecal no Brasil são bastante escassos para bovinos confinados.

Nos últimos anos, vários trabalhos vêem sendo desenvolvidos com o intuito de quantificar o aproveitamento do amido em grãos processados (THEURER, 1986; CAMPLING, 1991; ROWE; CHOCT; PETHICK, 1999; OWENS; ZINN, 2005).

Zinn et al. (2007) fez uma extensa avaliação de vários aspectos metodológicos do uso do amido fecal como indicador da digestibilidade do amido. Entretanto, não se encontra na literatura pesquisas que descrevam a variação do teor de amido fecal no tempo. Faz-se necessário

conhecer este comportamento para poder avaliar a eficiência de diferentes rações, animais, tratamento do grão e outros aspectos de manejo em confinamentos comerciais, onde a amostragem é pontual e não se pode recorrer à coleta total de fezes.

Olbrich Jr. (1996) demonstrou haver um aumento no teor de amido fecal de animais *Bos indicus* em relação a *Bos taurus* da ordem de até 30%. Poucas pesquisas avaliaram a perda de amido fecal para diferentes grupos genéticos. Entretanto, dados australianos (CHANNON; ROWE; HERD, 2004) sugerem que há uma correlação genética entre perda de amido e eficiência alimentar (medida como consumo alimentar residual). As comparações entre raças são particularmente importantes para os confinamentos brasileiros, pois grande parte dos animais confinados é da raça Nelore (*Bos indicus*). O objetivo neste capítulo foi verificar se há diferenças no teor de amido fecal em coletas feitas em diversos horários, bem como se há diferenças nas concentrações fecais de amido entre animais cruzados e Nelore.

2.2 Material e Métodos

2.2.1 Experimentos desenvolvidos

No primeiro experimento foram realizadas coletas na Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos (FZEA) da Universidade de São Paulo, localizada no município de Pirassununga. Quatro animais anelorados com peso médio de 520 kg, foram alimentados com dieta de alto concentrado (Tabela 2.1). Cada animal recebeu a dieta respectiva ao seu tratamento em um trato às 8:00 horas da manhã: controle (CTR), monensina (MON), levedura (LEV) e monensina e levedura (MEL). Durante três dias consecutivos, foram realizadas coletas das fezes imediatamente após cada animal defecar. No total foram obtidas 147 amostras de fezes.

No segundo experimento, foram realizadas coletas de fezes e dietas em quatro confinamentos comerciais. Em um confinamento coletas foram feitas em dois anos consecutivos, 2006 e 2007, nos demais somente apenas no ano de 2007. Foram coletados, em dois períodos (manhã e tarde) de 10 a 25 animais por baia, num total de 13 baias (Tabela 2.2). Definidos os grupos genéticos presentes, as baias para coletas foram escolhidas aleatoriamente, porém estas foram repetidas no período. O período da manhã foi definido para coletas realizadas entre 07:00-12:00 horas e o período da tarde para as coletas entre 12:30-18:00 horas.

As características das dietas fornecidas aos animais nos quatro confinamentos comerciais estão apresentadas na Tabela 2.3.

Tabela 2.1 – Composição percentual e química das dietas fornecidas no primeiro experimento

INGREDIENTES	Tratamentos (%MS)			
	CTR[a]	MON[b]	LEV[c]	MEL[d]
Milho grão	26.538	26.538	26.538	26.538
Polpa de citros	33.612	33.612	33.612	33.612
Farelo de soja 49%	14.000	14.000	14.000	14.000
Uréia	0.850	0.850	0.850	0.850
Sal Mineral	1.000	1.000	1.000	1.000
Óleo de Girassol	3.500	3.500	3.500	3.500
Monensina	-	0.027	-	0.027
Levedura	-	-	0.5	0.5
Cana-de-Açúcar	19.000	19.000	19.000	19.000
TOTAL	100.00	100.00	100.00	100.00
NUTRIENTES				
Matéria Seca	63.46	63.46	63.46	63.46
Proteína Bruta	17.02	17.02	17.02	17.02
Extrato Etéreo	8.00	8.00	8.00	8.00
FDN[e]	22	22	22	22
FDA[f]	19.65	19.65	19.65	19.65
Cálcio	1.32	1.32	1.32	1.32
Fósforo	0.30	0.30	0.30	0.30
Potássio	0.91	0.91	0.91	0.91

[a]CTR = Dieta controle
[b]MON = Dieta com monensina
[c]LEV = Dieta com levedura
[d]MEL = Dieta com monensina e levedura
[f]FDN = fibra em detergente neutro
[g]FDA = fibra em detergente ácido

Tabela 2.2 – Descrição das unidades experimentais (baias) amostradas por confinamento, ano, período e grupo genético

Confinamento	Ano	Baia (n = 13)	Período	Nº de Animais Amostrados	Grupo Genético
I	2006	1	Manhã	10	Nelore
I	2006	1	Tarde	10	Nelore
I	2006	2	Manhã	10	Nelore
I	2006	2	Tarde	10	Nelore
I	2006	3	Manhã	10	Nelore
I	2006	3	Tarde	10	Nelore
I	2006	4	Manhã	10	Cruzado
I	2006	4	Tarde	10	Cruzado
I	2006	5	Manhã	10	Cruzado
I	2006	5	Tarde	10	Cruzado
I	2006	6	Manhã	10	Cruzado
I	2006	6	Tarde	10	Cruzado
I	2007	7	Manhã	25	Nelore
I	2007	7	Tarde	25	Nelore
I	2007	8	Manhã	25	Cruzado
I	2007	8	Tarde	25	Cruzado
II	2007	9	Manhã	25	Nelore
II	2007	9	Tarde	25	Nelore
III	2007	10	Manhã	25	Nelore
III	2007	10	Tarde	24	Nelore
III	2007	11	Manhã	25	Cruzado
III	2007	11	Tarde	25	Cruzado
IV	2007	12	Manhã	25	Nelore
IV	2007	12	Tarde	25	Nelore
IV	2007	13	Manhã	24	Cruzado
IV	2007	13	Tarde	25	Cruzado

Tabela 2.3 – Características das dietas dos confinamentos comerciais amostrados

	Confinamentos				
	I (2006)	I (2007)	II	III	IV
Concentrado (% MS)	74,5	72	83	68,8	70
NDT tabelado (%)	73,2	71,8	71,9	65,7	66,9
Fonte de amido*	Sorgo	Sorgo	Milho	Milho	Milho
Fonte de amido (% MS)	40,0	52,1	24,7	40,1	30,0
Fonte de volumoso	Sil. Capim[1]	Capim[2]	Bagaço[3]	Bagaço[3]	Bagaço[3]
Nº de tratos por dia	3	3	4	4	2

*Principal fonte de amido da dieta total (grão de milho ou sorgo);
[1] Silagem de capim Tanzânia;
[2] Capim Tanzânia picado;
[3] Bagaço de cana-de-açúcar

2.2.2 Análises laboratoriais

As amostras, de ambos os experimentos, foram encaminhadas para o Laboratório de Nutrição e Crescimento Animal da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" da Universidade de São Paulo. Foram quantificados os teores de matéria seca a 105ºC (%) e cinzas (% MS) seguindo a metodologia proposta pela American of Official Analytical Chemists - AOAC (1990), e o amido das amostras (% MS) foi analisado conforme a metodologia proposta por Bach Knudsen (1997). As determinações de amido das fezes, sobras e dietas foram feitas colocando-se em tubos de ensaio de 40 mL 0,40, 0,20 e 0,20 g de amostra respectivamente. Estas quantidades foram determinadas após vários pré-estudos para verificar a linearidade da reação.

Nos tubos previamente pesados foram dispensados 30 mL de solução tampão de acetato de sódio (pH = 5,00 ± 0,05 a 0,1 mol L^{-1}) e adicionada 50 µL da enzima α-amilase (Novozymes, Termamyl 2X). Todos os tubos de ensaio foram homogeneizados em agitador. Posteriormente, foram colocados em banho-maria a 100ºC durante uma hora, com homogeneização dos tubos aos 10, 30 e 50 minutos de incubação. Em seguida foram retirados do banho-maria até atingirem temperatura ambiente. Adicionou-se 1 mL da solução contendo 100 unidades da enzima amiloglucosidase por mL (Megazyme, E-AMGDF).

Os tubos foram novamente agitados e colocados em banho-maria a 60ºC, permanecendo durante 2 horas, sendo agitados após 1 hora de incubação. Após as 2 horas, os tubos foram colocados na bancada até atingirem temperatura ambiente. Posteriormente os mesmos foram pesados (para correção do volume) e a solução transferida para tubos de 50 mL,

centrifugados a 2.060 g por 10 minutos a uma temperatura de 10ºC. Posteriormente foram utilizado 10 µL de cada tubo centrifugado para reagir com 1 mL de uma solução estável de um kit comercial de glicose GOD PAP (Laborlab, 06400), numa diluição de 1:100. Após 15 minutos de reação a 23ºC, fez-se a leitura em espectrofotômetro (Shimadzu, UV – 1601 PC) a 505 nm. Para cada reação foi feita uma curva padrão com solução de glicose padrão. Para cada ensaio utilizaram-se duas amostras padrões (amido puro e fubá de milho) e um branco.

Para que o amido da dieta e sobras não fosse superestimado pela contaminação com glicose, pesou-se 0,20 g e a amostra foi colocada no tubo de ensaio com tampa de rosca de 40 mL, previamente pesado. Foram dispensado 30 mL de água deionizada dentro do tubo e por quatro horas, os tubos foram agitados em intervalos de 30 minutos. Após as quatro horas, os tubos foram pesados, para correção do volume e em seguida transferidos para os tubos de centrifugação. A partir da centrifugação, todos os processos foram iguais. Após a leitura de glicose destas amostras, os valores obtidos foram subtraídos dos valores do amido.

Foi avaliado o tamanho de partícula das fontes de amido da dieta segundo a metodologia de Yu et al. (1998) e também o tamanho de partícula das dietas através do uso do Penn State segundo Heinrichs e Kononoff (2002) adaptado por Mari (2003).

2.2.3 Análises estatísticas

Após as análises laboratoriais, foi realizada a análise estatística dos dados obtidos nos experimentos utilizando o programa estatístico SAS (1999). Para o primeiro experimento foi realizada análise de regressão, sob modelo misto, da variável amido fecal como função do tempo após ingestão, considerando uma estrutura de medida repetida (animal dentro de dia de coleta) com estrutura de correlação ARMA (1,1), inclui-se no modelo o efeito de animal como aleatório.

Para o segundo experimento o modelo considerou os seguintes efeitos fixos: ano, confinamento dentro de ano, raça, período e a interação entre ano e raça, também com efeito de medida repetida (baia) considerando a estrutura de correlação simétrica composta. Adicionalmente, foi feita uma análise complementar para se verificar a importância das variáveis teor de amido da dieta total e tamanho de partícula da fonte de amido. Foram excluídas do modelo as interações não significativas ($P > 0,10$) ou que não puderam ser estimadas devido à estrutura do conjunto de dados.

2.2.4 Resultados e Discussão

A análise do primeiro experimento demonstrou haver relação significativa (P = 0,0009) entre o teor de amido fecal e tempo após o trato. O teor de amido fecal apresentou um comportamento, no tempo, descrito por uma curva polinomial. Esta curva demonstra maiores teores de amido nas fezes durante as primeiras horas após o fornecimento da dieta (Figura 2.1). Com o decorrer do tempo há uma queda no teor de amido, que dura cerca de 10 a 12 horas. Subsequentemente há um progressivo aumento do teor de amido nas fezes nas próximas 12 horas. As perdas de amido (% MS) em função do tempo (T – horas) após o trato podem ser preditas pela equação (2.1).

$$\text{Amido fecal estimado} = 0{,}1218-0{,}00742*T+0{,}000255*T^2;\ P = 0{,}0026 \qquad (2.1)$$

A variação em função do tempo pode ser explicada com base no comportamento ingestivo dos animais e no manejo dos confinamentos. Pesquisas sobre comportamento ingestivo com bovinos demonstram que os animais realizam a maior parte do seu consumo no início do dia e no final da tarde independentemente do horário do trato, algo que parece ligado ao seu comportamento natural (MIRANDA et al., 1999; MARQUES et al., 2005).

O valor médio do teor de amido na MS foi de 8,3%, com desvio padrão de 4,68, mínimo de 0,8 e valor máximo de 20,7%.

Os teores de amido refletem o tipo de dieta e o tipo de tratamento do grão. Depenbusch et al. (2008) ao trabalhar com novilhos alimentados com uma dieta com 92,1% concentrado na MS encontraram um teor médio de amido nas fezes de 23%, com desvio padrão de 11,0, sendo que o teor mínimo de amido foi 1,2% e o máximo de 59,6%. Estes valores são elevados quando comparados com o presente experimento, mas coerentes com o fato de que os autores citados trabalharam com dietas de teores de amido duas vezes maiores do que o do primeiro experimento deste trabalho.

Dados obtidos com dietas de alto concentrado podem apresentar teores de amido mais baixos. Zinn et al. (2007) ao analisar dados de 32 experimentos sobre metabolismo, apresentou um valor médio de 5,9% de amido fecal com variação de 0 a 44%. Estes dados parecem baixos uma vez que a dieta continha cerca de 90% de concentrado, no entanto são consistentes perante o fato de que o grão utilizado era floculado. Nota-se que apesar das dietas conterem proporções

muito maiores de amido, uma vez que foram floculados, os teores fecais de amido do presente experimento foram maiores do que os observados por Zinn.

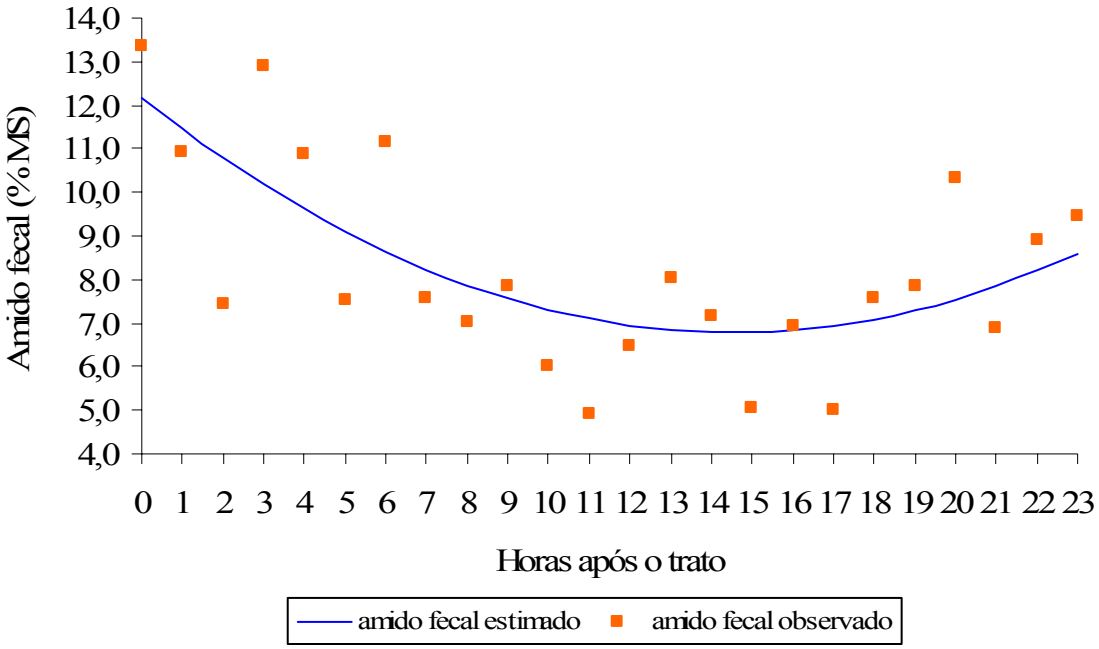

Figura 2.1 – Perdas de amido fecal de animais Nelore ao longo do dia (a partir do fornecimento às 08:00 horas). A equação polinomial do teor de amido fecal estimado está apresentada no texto

Consistente com os resultados do primeiro experimento, foi observada uma diferença (P = 0,0002) no teor de amido fecal, em função do período de coleta. O valor para o período da manhã foi de 7,5% da MS, enquanto o valor encontrado para o período da tarde foi de 3,7%. Logo, a diferença de 100% entre os teores da manhã e da tarde, deve ser considerada como limitante na utilização deste indicador, sem a padronização do horário de coleta.

Estes dados estão de acordo com os dados apresentados no experimento (1), no qual ficou demonstrado que as maiores perdas de amido ocorreram nas primeiras horas pós-trato, ou seja, durante a manhã. Podem-se observar na Figura 2.2 os 468 animais amostrados e suas distribuições dentro do confinamento em cada período.

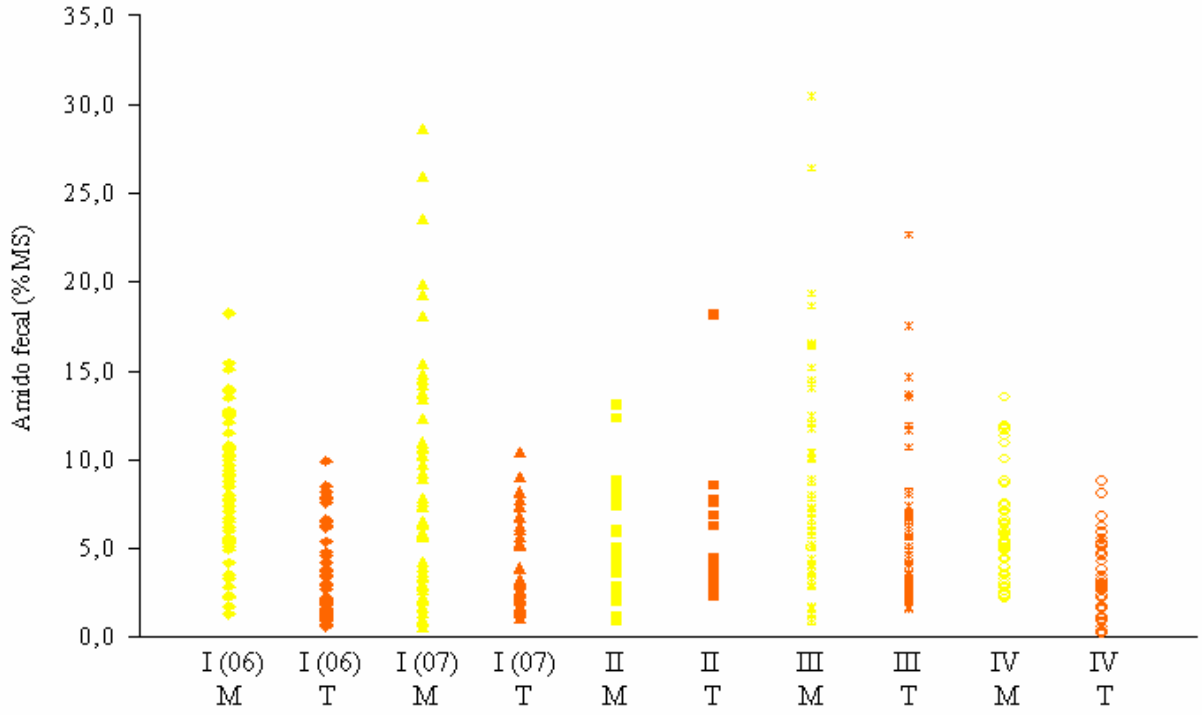

Figura 2.2 – Variação no teor de amido fecal de 468 amostras de diferentes animais confinados, separadas por período de coleta (manhã (M) e tarde (T)), em cinco coletas em diferentes confinamentos comerciais

Houve diferença significativa para teor de amido fecal para confinamento dentro de ano. As médias de amido fecal, erros-padrão, valores mínimos e máximos por confinamento estão apresentados na Tabela 2.3.

Como estes confinamentos representam o padrão nacional, os dados sugerem que as perdas de amido nas fezes são relativamente pequenas. Isto se explica, porque a maior parte dos confinamentos não utiliza dietas de altíssimo teor de concentrado, típicas do sistema de produção americano (e.g. 91 a 94% de concentrado). Outra característica dos confinamentos brasileiros que reduz o teor de amido é a presença, em quantidades substanciais nos concentrados, de subprodutos com baixo teor de amido, como por exemplo, o caroço de algodão, a polpa de citrus e a casca de soja. Desta forma os valores relativamente baixos encontrados nos confinamentos brasileiros amostrados (Tabela 2.4) são coerentes com os teores mais baixos de amido nas dietas.

Entretanto, foi observada uma diferença entre o confinamento III e os demais confinamentos amostrados. Esta diferença provavelmente foi devida às características da dieta,

principalmente em relação ao teor de amido e tamanho de partícula da fonte de amido, apresentados na Tabela 2.5.

Tabela 2.4 – Valores das perdas de amido fecal (% na matéria seca) obtidas por confinamento amostrado

Confinamento	Média[a]	E.P.[b]	Mínimo	Máximo
I (2006)	5,6B	0,21	0,6	18,2
I (2007)	6,0B	0,36	0,6	28,6
II	4,8B	0,54	0,9	18,1
III	7,7A	0,36	0,8	30,5
IV	4,5B	0,36	0,1	13,5

Letras maiúsculas na mesma coluna apresentam diferença significativa (P < 0,10);
[a]Média das perdas de amido fecal em porcentagem da matéria seca;
[b]E.P. = erro padrão.

Tabela 2.5 – Características das dietas das cinco coletas em quatro confinamentos comerciais

	Confinamento				
	I (2006)	I (2007)	II	III	IV
Teor de amido (% MS)[a]	22,3	45,9	18,1	39,0	17,2
$TMP_{grão}$ (mm)	1,00	0,74	0,93	1,65	1,13

[a]Teor de amido da dieta (% MS) segundo a metodologia porposta por Bach Knudsen (1997).

Estes resultados demonstram que os teores de amido das dietas encontradas nestes confinamentos nacionais é realmente bem inferior à encontrada na maioria dos confinamentos norte-americanos. Uma análise complementar demonstrou que o tamanho de partícula (P = 0,0008) e o teor de amido da dieta (P = 0,0002) são dois fatores importantes e que devem ser avaliados quando se trabalha com teor de amido fecal.

O objetivo do processamento de grãos é a melhoria da digestibilidade dos mesmos por meio da quebra das barreiras que impedem o acesso dos microrganismos ruminais e das enzimas aos componentes nutricionais dos alimentos (MCALLISTER et al., 1990). Vários tipos de processamentos físicos e químicos estão disponíveis para melhorar a digestibiliadade dos grãos e o desempenho dos ruminantes (HALE, 1973; OWENS; ZINN; KIM, 1986; NOCEK, 1997; THEURER et al., 1999a, b). Entretanto, no Brasil apenas a moagem tem sido usada com mais freqüência, e mesmo assim, não há recomendações claras quanto ao melhor método de tratamento ao grão seco. Esta carência de informações é ainda mais preocupante ao levar-se em consideração

que a oferta de híbridos de milho nacionais são de textura de grãos duros e semi-duros que os faz, consequentemente, apresentarem menor digestibilidade (MENDES, 2006).

Walker et al. (1973) observaram que a digestibilidade ruminal na MS foi maior para para o sorgo moído fino em relação ao sorgo moído grosseiramente. Philippeau, Martin e Michalet-Doreau (1999), ao trabalharem com milho flint e dentado observaram que ao realizar processamento a seco nestes grãos, o grão com endosperma mais vítreo (milho flint) tende a ser mais resistente a redução no tamanho de partícula do que o milho dentado. O híbrido flint apresentou 46,2% a menos de área de superfície do que o híbrido dentado, ou seja, menor é a área de exposição do grão a colonização das bactérias ruminais.

As diferenças nas estruturas de amilopectina entre as fontes de amido também podem exercer um importante papel nas propriedades funcionais do amido, como na viscosidade, capacidade de hidratação e na susceptibilidades às amilases. Outro fator que afeta a utilização do amido de cereais pelos animais é a presença de uma matriz protéica ao redor do grânulo, a qual dificulta a ação das enzimas digestivas (KOTARSKI; WANISHA; THURN, 1992), sendo mais significativa nos grãos de milho e sorgo do que nos demais cereais (SNIFFEN, 1980). Porém dados morfológicos dos grãos não foram estudados no presente estudo.

Quando os dados foram analisados considerando ano de coleta e grupos genéticos houve uma interação significativa, conforme demonstado na Tabela 2.6.

Tabela 2.6 – Desdobramento da interação significativa entre ano e grupo genético demonstrando os valores corrigidos de amido fecal e seus respectivos erros-padrão

Ano	Nelore	Cruzado	Média	P
2006	5,6 (0,29) Aa	5,7 (0,29) Aa	5,7	0,8580
2007	6,3 (0,25) Aa	4,9 (0,32) Ab	5,6	0,0137
Média	6,0	5,3		
P	0,1195	0,1176		

Letras maiúsculas na mesma coluna e minúsculas na mesma linha apresentam diferença significativa ($P < 0,05$)

O efeito para grupo genético não foi significativo para o ano de 2006. Porém em 2006, somente um confinamento foi amostrado e o número de animais amostrados por baia (10 por período) foi menor. Já em 2007, foram amostrados animais de quatro confinamentos distintos e o tamanho da amostra (número de animais por baia) foi maior (n = 25, Tabela 2). Com isso, foi possível detectar diferença para grupo genético dentro do ano de 2007 ($P = 0,01$). Os dados

sugerem uma diferença no teor de amido fecal, sendo 28% maior nas fezes de animais da raça Nelore em relação aos animais cruzados (Europeu x Nelore).

2.3 Conclusões

Os teores de amido nas fezes de bovinos de corte confinados são médios, consistente com os níveis médios de inclusão de amido nas dietas.

Em bovinos confinados o teor de amido fecal varia intensamente (até 100%) em função do período de coleta, sendo que os maiores teores ocorrem pela manhã. Portanto, o horário de coleta deve ser padronizado quando se deseja utilizar o amido fecal como um parâmetro de manejo.

Existe diferença quanto ao teor de amido nas fezes de animais de diferentes grupos genéticos, indicando que animais Nelore puros perdem cerca de 28% mais amido que animais com algum sangue cruzado. Estes dados também indicam que o teor de amido fecal deve ser comparado dentro de cada grupo racial.

Referências

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis.** 15th ed.Washington D. C., 1990. 1141 p.

BACH KNUDSEN, K.E. Carbohydrate and lignin contents of plant materials used in animal feeding. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 67, p. 319-338, 1997.

CAMPLING, R.C. Processing cereal grains for cattle- a review. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 28, p. 223-234, 1991.

CHANNON, A.F.; ROWE, J.B.; HERD, R.M. Genetic variation in starch digestion in feedlot cattle and its association with residual feed intake. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, Collingwood, v. 44, p. 469- 474, 2004.

DEPENBUSCH, B.E.; NAGARAJA, T.G.; SARGEANT, J.M.; DROUILLARD, J.S.; LOE, E.R.; CORRIGAN, M.E. Influence of processed grains on fecal pH, starch concentration, and shedding of *Escherichia coli* O157 in feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 86, p. 632-639, 2008.

HALE, W.H. Influence of processing on the utilization of grains (starch) by ruminants. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 37, p. 1075-1080, 1973.

HEINRICHS, J.; KONONOFF, P. **Evaluating particle size of forages and TMRs using the New Penn State forage particle separator**. Pennsylvania: The Pennsylvania State University, Department of Dairy and Animal Science, 2002. 14 p (Technical Repost DAS 02-42).

KOTARSKI, S.F.; WANISHA, R.D.; THURN, K.K. Starch hidrolysis by the ruminal microflora. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v. 122, p. 178-190, 1992.

MARI, L .J. **Intervalo entre cortes em capim-Marandu (*Brachiaria brizantha* (Hochst. Ex A. Rich) Stapf cv. Marandu):** produção, valor nutritivo e perdas associadas à fermentação da silagem. 2003. 138 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" da Universidade de São Paulo.

MARQUES, J.A.; MAGGIONI, D.; ABRAHAO, J.J.S.; PRADO, I.N.; BEZERRA, G.A.; LUGAO, S.M.B. Comportamento de touros jovens em confinamento alojados isoladamente ou em grupo. **Archivos Latinoamericanos de Produccion Animal**, Mayaguez, v. 13, n. 3, p. 97-102, 2005.

MCALLISTER, T.A.; RODE, L.M.; MAJOR, D.J.; CHEG, K.J.; BUCHANAN-SMITH, J.G. Effect of ruminal microbial colonization on cereal grain digestion. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 70, p. 571-579, 1990.

MENDES, M.C. **Avaliação de híbridos de milho obtidos por meio de cruzamento entre linhagens com diferentes degradabilidades da matéria seca.** 2006. 57 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2006.

MIRANDA, L.F.; QUEIROZ, A.C.; VALADARES FILHO, S.C.V.; CECON, P.R.; PEREIRA, E.S.; PAULINO, M.F.; LANNA, R.P. Comportamento ingestivo de novilhas leiteiras alimentadas com dietas à base de cana-de- açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 28, p. 614-620, 1999.

NOCEK, J.E. Bovine acidosis: implications on laminitis. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 80, p. 1005-1028, 1997.

OLBRICH JR., J.F. **The effect of corn particle size and corn silage level on the performance of Angus (*Bos taurus*) and Brahman (*Bos indicus*) steers.** 1996. 181 p. Thesis (PhD – Animal Science) - University of Florida, Gainesville, 1996.

OWENS, F.; ZINN, R.A. Corn grain for cattle: influence of processing on site and extent of digestion. In: SOUTHWEST NUTRITION CONFERENCE, 2005. **Proceedings...** p. 86-112.

OWENS, F.N.; ZINN, R.A.; KIM, Y.K. Limits to starch digestion in the ruminant small intestine. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 63, p. 1634-1648, 1986.

PHILIPPEAU, C.; MARTIN, C.; MICHALET-DOREAU, B. Influence of grain source on ruminal characteristics and rate, site, and extent of digestion in beef steers. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 77, p. 1587-1596, 1999.

ROWE, J.B.; CHOCT, M.; PETHICK, D.W. Processing cereal grains for animal feeding. **Australian Journal of Agricultural Research**, Melbourne, v. 50, p. 721-736, 1999.

SAS INSTITUTE. **SAS/STAT user's guide:** version 6. 4th ed. Cary: Statistical Analysis System Institute, 1999. 846 p.

SNIFFEN, C.J. The use of by-pass protein in ration formulation. In: AMERICAN FEED MANUFACT, 40., 1980. **Proceedings...** p. 40.

THEURER, C.B. Grain processing effects on starch utilization by ruminants. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 63, p. 1649-1662, 1986.

THEURER, C.B.; HUBER J.T.; DELGADO-ELORDUY, A., WANDERLEY, R.. Invited review: summary of steam-flaking corn or sorghum grain for lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 82, p. 1950-1959, 1999a.

THEURER, C. B.; LOZANO, O.; ALIO, A; DELGADO-ELORDUY, A.; SADIK, M.; HUBER, J. T.; ZINN, R.A. Steam-processed corn and sorghum grain flaked at different densities alter ruminal, small intestinal, and total tract digestibility of starch by steers. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 77, p. 2824-2831, 1999b.

WALKER, R.D.; LANE; G.T.; RIGGS, J.K.;ROONEY, L.W.; LICHTENWALNER, R.E. Particle size and digestion of sorghum grain. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.37, p. 359, 1973.

YU, P.; HUBER, J.T.; SANTOS, F.A.P.; SIMAS, J.M.; THEURER, C.B. Effects of ground, steam-flaked, and steam-rolled corn grains on performance of lactating cows. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 81, p. 777-783, 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.

ZINN, R.A.; BARRERAS, A.; CORONA, L.; OWENS, F.N.; WARE, R.A. Starch digestion by feedlot cattle: Predictions from analysis of feed and fecal starch and nitrogen. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 85, p. 1727-1730, 2007.

3 RELAÇÃO ENTRE TEOR DE AMIDO FECAL E DESEMPENHO DE BOVINOS DE CORTE DE DIFERENTES GRUPOS GENÉTICOS

Resumo

Vários trabalhos demonstram diferenças entre animais *Bos indicus* e *Bos taurus* quanto a digestibilidade dos alimentos. O amido fecal é um bom parâmetro para estimar o aproveitamento do amido dietético pelo animal em dietas de alto concentrado. Alguns autores também sugerem que o teor de amido nas fezes serve como uma ferramenta para identificar animais geneticamente mais eficientes. Portanto, o objetivo no presente estudo foi quantificar o teor de amido fecal em bovinos e correlacionar com o consumo de matéria seca (kg/dia e em % PV), peso médio metabólico (PMm, $kg^{0,75}$), ganho de peso (kg/dia), eficiência alimentar (EA, kg/kg) e consumo alimentar residual (CAR). Avaliaram-se sete experimentos com animais Nelore e cruzados de corte confinados em baias individuais. O CAR foi obtido em dois experimentos, um contendo 21 fêmeas Nelore e outro com 70 touros Nelore. Verificou-se efeito significativo no teor de amido para experimento, sexo (12,6% MS para machos e 6,1% MS para as fêmeas) e grupo genético (11,0% MS para Nelore e 7,6% MS para o cruzado). Na análise conjunta dos dados, foi observada uma baixa correlação, porém significativa, entre amido fecal e as variáveis PMm (r = 0,17; P = 0,0066), CMS (r = 0,16; P = 0,0122) e EA (r = -0,12; P = 0,0706). Quando os dados de amido fecal foram regredidos com os de desempenho, verificou-se interação entre CMS para um experimento, indicando que o teor de amido aumenta 3,5 pontos percentuais de amido fecal na MS por kg de aumento no consumo. Também foi verificado interação entre PMm e experimento, indicando aumento de 0,3pp. do teor de amido das fezes na MS quando se aumenta em um kg o PMm. Não houve correlação entre amido fecal e consumo alimentar residual, tanto para novilhas Nelore (r = -0,01; P = 0,96), quanto para touros Nelore (r = 0,13; P = 0,29). Embora em alguns trabalhos com dietas com alto teor de amido, o amido fecal esteja correlacionado ao CAR, no presente trabalho, utilizando dietas com baixos teores de amido o teor de amido fecal não esteve correlacionado ao CAR. Entretanto, os dados demonstram que, mesmo em dietas de baixo teor de concentrados, o teor de amido fecal está negativamente correlacionado com a eficiência de conversão alimentar.

Palavras-chave: Confinamento; Consumo alimentar residual; Eficiência; Fezes; Gado de corte

Abstract

Relationship between fecal starch performance and feed efficiency of cattle from different genetic groups

Several studies have shown differences for the digestibility of foods between *Bos indicus* and *Bos taurus* animals. Fecal starch is a good parameter to estimate the use of dietary starch by the cattle fed high concentrate diets. Some authors also suggest that fecal starch can be an effective tool to identify animals which are genetically more efficient. Therefore, the goal of this study was to quantify fecal starch concentrations in individually fed cattle, and correlate it with dry matter intake (kg/day and in BW%), metabolic mid weight (MMWT, $kg^{0.75}$), weight

gain, (kg/day), feed efficiency (kg/kg) and residual feed intake (RFI). Seven experiments with Nellore and crossbred animals confined in individual stalls were used. The RFI was obtained in two experiments, one containing 21 Nellore females and another with 70 Nellore bulls. There was a significant effect of starch content for experiment, sex (12.6% DM for males and 6.1% DM for females) and genetic group (11.0% DM for Nellore and 7.6% DM for the crossbred). In the pooled data analysis there was a low but significant correlation between fecal starch and variables MMWT (r = 0.1741, P = 0.0066), DMI (r = 0.1609, P = 0.0122) and FE (r = -0.1164, P = 0.0706). When data from fecal starch was regressed against performance, there was an interaction between DMI (kg/day) for one experiment only, indicating increasing losses of starch of 3.5 percentage points of fecal starch in the DM for every increase in one unit of DMI. There was also an interaction between MMWT and experiment, indicating an increase of 0.3 percentage points of DM of fecal starch after an increase of one kg of MMWT. There was no correlation between fecal starch and RFI, both for Nellore heifers (r = -0.0120, P = 0.96), and Nellore bulls (r = 0.1289, P = 0.29). These results, suggest that there is no relationship of RFI and fecal starch losses in diets low in starch content.. However, the data also shows that, even in low-concentrated diets, fecal starch content is negatively correlated with the efficiency of feed conversion.

Keywords: Beef cattle; Efficiency; Feces; Feedlot; Residual feed intake

3.1 Introdução

Em dietas ricas em concentrado, animais *Bos taurus* tendem a consumir mais alimentos em relação às suas exigências de manutenção que animais *Bos indicus*, e assim ganham peso mais rápido e de maneira mais eficiente (KREHBIEL; KREIKEMEIER; FERRELL, 2000). Moore, Essig e Smithson (1975) alimentaram animais de diversas raças com dietas de alta, média e baixa energia. Nestes ensaios as dietas de baixa energia apresentaram digestibilidades maiores para os animais zebuínos puros, em contrapartida menores digestibilidades foram encontradas nas de alta energia em relação aos outros grupos puros *B. taurus* ou cruzados *B. indicus* x *B. taurus*. Desta forma a digestibilidade nas três dietas foi muito similar para o zebuíno, ao contrário dos europeus, que apresentaram digestibilidades bastante distintas.

Zinn, Owens e Ware, 2002 e Owens e Zinn, 2005 sugerem que o teor de amido fecal pode ser um bom indicador da digestibilidade do amido dietético. Nas dietas de alto concentrado, o amido pode representar mais de 80% da energia digestível presente na dieta.

O processamento da dieta afeta diretamente o aproveitamento do amido e consequentemente o teor de amido fecal. Olbrich Jr. (1996) demonstrou que o uso do milho inteiro na dieta resulta em teores de amido nas fezes de 21,2% na MS, comparado com apenas 10,9% de amido na MS fecal quando se utilizou o milho moído. Diversos trabalhos conduzidos

por Zinn e Owens demonstram teores de amido fecal da ordem de 4 a 6% para milho tratado por floculação ou ensilagem do grão úmido.

Apesar do uso do milho inteiro aumentar o teor de amido fecal em comparação com o milho moído, Olbrich Jr. (1996) demonstrou que não há correlação entre moagem e conversão alimentar em animais recebendo dietas de alto concentrado. Isto sugere que a digestibilidade em todo o trato digestório não é o único parâmetro que afeta a eficiência. O local da digestão e, no caso do milho inteiro, a menor taxa de passagem (e maior tempo de permanência no rúmen) podem aumentar a eficiência em certos processamentos do grão de milho. Para sorgo, as conseqüências são distintas, com melhor aproveitamento quando é feita a moagem, algo que deve ser semelhante para outras sementes pequenas como a de milheto.

A maioria dos métodos de processamento dos grãos melhora a eficiência de utilização dos nutrientes dos alimentos pelos microrganismos ruminais e pelo trato digestório total (ANTUNES; RODRIGUEZ, 2006), com resultados positivos sobre a conversão alimentar (OWENS et al., 1997; BARAJAS; ZINN, 1998), produção de leite (THEURER et al., 1999) e sobre o desempenho do gado de corte confinado (LADELY et al., 1995; GAEBE et al., 1998; THEURER et al., 1999). Com isso, estes autores sugerem que conforme aumenta o aproveitamento do amido pelos animais, ocorre uma melhora no desempenho destes.

Portanto, o objetivo no presente trabalho foi quantificar o teor de amido fecal em bovinos e correlacionar com o consumo de matéria seca (kg/dia e em % PV), peso médio metabólico durante o teste (PMm, kg ^{0,75}), ganho de peso (kg/dia) e eficiência alimentar (kg ganho/kg MS alimento). Posteriormente, foi correlacionado o teor de amido fecal com o consumo alimentar residual (CAR), representando uma das possíveis variáveis que representam a eficiência de crescimento.

3.2 Material e Métodos

3.2.1 Experimentos participantes, animais e manejo

Foram utilizados dados de sete experimentos conduzidos no Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Corte (Embrapa, Campo Grande), Centro de Pesquisa de Pecuária do Sudeste (Embrapa, São Carlos), experimentos conduzidos no Instituto de Zootecnia (em

Sertãozinho e em Andradina) e na Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo (Pirassununga). Todos os animais em todos os experimentos tiveram seu consumo monitorado em baias individuais. Os animais que apresentaram grau de sangue zebuíno de até 70%, foram considerados cruzados. As dietas variaram entre 40 e 81% de alimentos concentrados na matéria seca (Tabela 3.1). As dietas continham teores de proteína adequados de acordo com o NRC (2001).

Tabela 3.1 – Informações sobre os confinamentos experimentais

	Experimentos						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
Nº U.E.[a]	18	23	21	50	37	25	75
Dias conf.[b]	101	105	41	112-168	122-208	115-188	75
Grupo genético[c]	Nel/Cruz	Nel	Nel	Nel	Nel/Cruz	Cruz	Nel
Sexo[d]	M	M	F	M	M	M/F	M
Tratamento[e]	2	4	1	4	2	1	1
Conc. (% MS)[f]	40	79	50	81	73	76	75
Fonte de amido[g]	Milho	Milho	Milho	Milho	Milho	Milho	Milho
Amido dieta (% MS)	-	-	-	25,9	25,4	33,8	34,7
$TMP_{grão}$[h]	-	-	-	1,21	2,25	1,74	1,18

[a]Nº U.E. = número de unidades experimentais, sendo que a unidade experimental considerada foi o animal;
[b]Dias conf.= quantos dias os animais permaneceram confinados;
[c]Grupo genético = animais que apresentavam grau de sangue zebuíno entre zero e 68,75% foram considerados cruzados;
[d]Sexo = M (macho) e F (fêmea);
[e]Tratamento = número de tratamentos apresentados em cada experimento, os experimentos que apresentam tratamento 1, significa dizer que não houve diferença na composição e nem no fornecimento da dieta entre os animais amostrados;
[f]Conc. (% MS) = teor de concentrado da dieta total em % da matéria seca;
[g]Fonte de amido = principal fonte de amido da dieta total.
[h] TMPgrãos (mm) = tamanho médio de partícula dos grãos, seguindo a metodologia proposta por Yu et. al. (1998).

3.2.2 Análises laboratoriais

As amostras de fezes de três experimentos que já haviam sido concluídos (experimentos I, II e III), foram analisadas para amido fecal para ampliar o banco de dados. Para os demais experimentos (experimentos IV, V, VI e VII) foi realizada a amostragem das fezes, sobras e dieta. A amostragem da dieta foi no vagão misturador, e a das sobras foi coletada do cocho no dia seguinte ao dia da amostragem fecal e da dieta. A coleta das fezes, foi feita do chão

no período da manhã, com as fezes frescas. Foram tomados todos os cuidados para não haver contaminação com solo, e caso houvesse, a amostra era descartada. Todas as amostras foram acondicionadas imediatamente após a coleta em caixas de isopor com gelo.

No laboratório, todas as amostras foram secas em estufa a 55 ± 5ºC durante 48 horas e posteriormente moídas em moinho de facas com peneira de 1 mm. As análises laboratoriais feitas foram: matéria seca (105ºC), cinzas (AOAC, 1990) e amido segundo Poore et al. (1989) para os experimentos I e II, e para os demais seguiu-se a metodologia de Bach Knudsen (1997). As determinações de amido fecal, das sobras e das dietas, foram feitas conforme descrição realizada no capítulo 1.

Também foram avaliados o tamanho de partícula da principal fonte de amido da dieta segundo a metodologia de Yu et al. (1998).

3.2.3 Análises estatísticas

Para analisar a relação entre amido fecal e demais variáveis de desempenho dos animais, os dados dos sete experimentos foram previamente ajustados para os efeitos de tratamento, sexo e grupo genético (cruzado e Nelore) dentro de cada experimento, resultando nas variáveis amido fecal, GMD, CMS e EA ajustadas. Foi utilizado o procedimento COOR (SAS, 1999) para estimar a correlação entre as variáveis acima.

A análise da regressão entre amido fecal ajustado e as variáveis de desempenho foi realizada por meio de um modelo envolvendo o efeito de experimento, covariável (PMm, GMD, CMS e EA) e interação entre experimento e covariável, usando o procedimento GLM, conforme sugerido por Littell, Stroup e Freund (2002).

Foi feita análise da correlação entre CAR e teor de amido fecal, nos experimentos III e VII, para os quais os dados individuais de 21 novilhas e 70 touros Nelore, respectivamente, permitiram calcular o CAR. Nesta análise, os valores preditos de consumo de matéria seca (CMS) foram obtidos pelo procedimento REG do SAS (1999) e subtraídos do consumo observado gerando as estimativas de CAR.

Para calcular o consumo alimentar predito, foram estimadas as regressões dos consumos médios diários pelo peso vivo médio metabólico, ganho de peso e pela espessura de gordura subcutânea. O CAR de cada baia foi calculado como o consumo alimentar observado

menos o consumo alimentar predito pela equação de regressão linear múltipla descrita acima. Na análise dos dados utilizaram-se os procedimentos REG e GLM do pacote estatístico SAS (1999).

3.2.4 Resultados e Discussão

Os valores médios, desvios-padrão, mínimo e máximo obtidos por experimento separados por grupo genético para todas as variáveis avaliadas, estão apresentados na Tabela 3.2. Estes dados são os valores obtidos antes dos ajustes feitos para tratamento, sexo e grupo genético.

Tabela 3.2 – Desempenho discriminado por experimento e grupo genético

		Experimentos								
		I	I	II	III	IV	V	V	IV	VII
Grupo Genético		Nel	Cruz	Nel	Nel	Nel	Nel	Cruz	Cruz	Nel
PMm ($kg^{0,75}$)	Média	83,05	86,92	91,93	64,74	73,35	73,79	81,69	82,32	103,83
	D.P.	3,96	6,92	4,43	6,85	9,14	1,80	3,56	7,52	5,83
	Máx	90,95	101,43	100,63	74,45	92,69	76,63	91,20	97,54	116,81
	Mín	75,84	74,06	84,69	53,26	57,27	70,73	76,10	66,79	91,45
GPD (kg/dia)	Média	1,22	1,29	1,51	0,96	1,22	1,23	1,58	1,24	1,23
	D.P.	0,33	0,35	0,22	0,14	0,16	0,10	0,27	0,24	0,25
	Máx	1,62	1,85	1,94	1,23	1,65	1,39	1,97	1,66	1,96
	Mín	0,82	0,81	1,12	0,64	0,92	1,08	0,76	0,79	0,42
CMS (kg/dia)	Média	8,92	9,65	10,21	6,72	7,89	7,06	8,39	7,68	9,73
	D.P.	1,92	2,63	1,02	1,02	0,87	0,58	1,03	0,99	1,19
	Máx	11,27	14,44	11,92	8,18	10,51	8,12	10,81	9,90	13,58
	Mín	6,55	6,21	8,36	5,01	6,50	6,13	6,76	5,84	7,81
EA (kg/kg)	Média	0,135	0,135	0,148	0,143	0,154	0,175	0,189	0,160	0,126
	D.P.	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,03	0,02	0,02
	Máx	0,155	0,164	0,182	0,170	0,196	0,190	0,239	0,200	0,173
	Mín	0,113	0,082	0,122	0,114	0,123	0,158	0,095	0,128	0,048
Amido fecal (% MS)	Média	4,8	4,2	12,9	6,5	9,4	14,7	11,7	25,4	9,3
	D.P.	1,21	1,06	4,69	2,34	5,28	5,76	5,78	7,21	5,90
	Máx	6,0	7,3	24,3	12,5	24,7	24,3	21,7	41,9	25,2
	Mín	2,3	2,5	4,2	3,3	1,1	7,4	1,6	14,5	1,7
CMS (% PV)	Média	2,45	2,48	2,46	2,58	2,59	2,28	2,37	2,14	1,99
	D.P.	0,47	0,52	0,21	0,17	0,25	0,22	0,26	0,15	0,16
	Máx	3,12	3,47	2,87	3,01	3,37	2,69	2,96	2,46	2,64
	Mín	2,00	1,89	2,00	2,31	2,09	1,96	1,83	1,85	1,67

Ao se avaliar o teor de amido fecal para verificar o efeito de experimento, sexo e grupo genético, houve efeito para experimento (P < 0,0001), sexo (P = 0,006) e grupo genético (P = 0,0466). As perdas de amido fecal foram maiores para os machos (12,6% MS), em relação as fêmeas (6,1% MS) e as médias de amido fecal para Nelore e cruzado foram 11,0% e 7,6% na MS, respectivamente (Tabela 3.3). Esta diferença concorda com os resultados obtidos no capítulo 1 e com os dados encontrados por Olbrich Jr. (1996). Este autor apresentou que as perdas de amido para animais Brahman são 30% maiores em relação a animais da raça Angus.

Bauman et al. (1985) sugerem que a diferença genética entre animais não é o principal componente da eficiência de produção em bovinos, mas sim o fracionamento dos nutrientes e seus controles fisiológicos.

Tabela 3.3 – Teor de amido fecal e erros-padrão para efeito de experimento, grupo genético e sexo

Teor de amido fecal (% MS) por Experimento[a]						
I	II	III	IV	V	VI	VII
0,8 (2,10)	6,9 (1,93)	10,2 (1,88)	6,3 (1,92)	11,4 (1,94)	27,3 (1,63)	2,5 (1,87)
Teor de amido fecal (% MS) para Sexo[b]						
Macho				Fêmea		
12,6 (0,66)				6,1 (2,00)		
Teor de amido fecal (% MS) para Grupo genético[c]						
Nelore				Cruzado		
11,0 (1,14)				7,6 (1,37)		

[a]Houve diferença no teor de amido nas fezes entre experimentos (P < 0,0001)
[b]Foi observada uma diferença no teor de amido fecal para sexo (P = 0,006)
[c]Não foi observada diferença para teor de amido para grupo genético (P = 0,0466)

Na análise conjunta dos dados, foi observada uma correlação baixa, porém significativa entre amido fecal e as variáveis PMm (r = 0,1741; P = 0,0066), CMS (r = 0,1609; P = 0,0122) e EA (r = -0,1164; P = 0,0706), apresentados na Tabela 3.4.

Tabela 3.4 – Dados obtidos da correlação entre amido fecal e PMm ($kg^{0,75}$); CMS(kg/dia); GMD (kg/dia); eficiência alimentar (EA); CMS e em %PV de sete experimentos

	Variáveis				
	PMm ($kg^{0,75}$)	GPD (kg/dia)	CMS (kg/dia)	CMS (% PV)	EA (kg/kg)
Amido fecal (% MS)	0,1741	0,0614	0,1609	0,0009	-0,1164
P	0,0066	0,3427	0,0122	0,9885	0,0706
Amostras	242	241	242	242	242

Turgeon Jr., Brink e Britton (1983) não encontraram correlação entre amido fecal e GMD ou conversão alimentar (CA), porém observaram para amido ingerido ($r = 0,36$; $P < 0,01$) e CMS em kg por dia ($r = 0,43$; $P < 0,01$). Nota-se que a correlação para CMS encontrado por estes autores, apesar de não ser alta, foi maior do que a encontrada no presente estudo. Isto pode ter ocorrido uma vez que as dietas oferecidas aos animais continham de 79,6% a 89,9% na matéria seca de milho e de 52,7% a 59,3% na MS de amido, ou seja, pelo menos metade da dieta era composta por amido. No presente experimento os teores de amido na dieta eram da ordem de 20 a 35% da MS.

Quando foi feita uma análise de regressão entre amido fecal e as variáveis de desempenho, para o CMS (kg/dia), somente o experimento IV apresentou interação entre CMS e experimento ($P = 0,0003$), indicando um aumento de 3,5 pontos percentuais no teor de amido fecal na MS por kg de aumento no consumo.

Quando foi avaliado o efeito de PMm, somente o experimento IV apresentou interação entre PMm e experimento ($P = 0,0002$), indicando aumento de 0,3 pontos percentuais de amido fecal na MS, quando se aumenta em um kg o PMm.

Outra forma de se avaliar a eficiência seria utilizando o Consumo Alimentar Residual (CAR). A correlação entre CAR e teor de amido fecal foi avaliada em dois dos experimentos conduzidos, ambos com animais da raça Nelore. O experimento III continha 21 novilhas e o experimento VII 70 machos inteiros.

O consumo alimentar predito (kg/dia) para cada experimento, foi estimado a partir da regressão dos consumos médios diários pelo peso vivo médio metabólico (PMm, $kg^{0,75}$), ganho de peso médio diário (GMD, kg/dia) e espessura de gordura subcutânea (EG, mm) conforme as equações (3.1) e (3.2). Os dados médios, desvios-padrão, mínimo e máximo de desempenho,

amido fecal e CAR estão apresentados na Tabela 3.5, e a correlação entre amido fecal e CAR estão apresentados na Figura 3.1.

$$CMS_{estimado_expIII} = 1{,}5650 \pm 1{,}5527 + (0{,}0422 \pm 0{,}0226 * PMm) + (2{,}2116 \pm 0{,}9488 * GMD) + (0{,}2701 \pm 0{,}1085 * EG);\ R^2 = 60{,}06\% \quad (3.1)$$

$$CMS_{estimado_expVII} = -4{,}0737 \pm 1{,}9937 + (0{,}1225 \pm 0{,}0231 * PMm) + (1{,}7227 \pm 0{,}4317 * GMD) - (0{,}0182 \pm 0{,}0556 * EG);\ R^2 = 54{,}72\% \quad (3.2)$$

Tabela 3.5 – Média, desvios-padrão (D.P.) e valores mínimos e máximos dos experimentos III e VII, nos quais os animais foram classificados para CAR

	Experimento III			
	Média	D.P.	Mínimo	Máximo
PMm ($kg^{0,75}$)	68,93	4,03	62,72	74,45
GMD (kg/dia)	1,03	0,08	0,91	1,23
CMS (kg/dia)	7,37	0,51	6,17	8,18
EG (mm)	2,26	0,83	0,70	3,90
Amido fecal (% MS)	6,57	2,56	3,30	12,50
CAR (kg/dia)	-0,00	0,32	-0,76	0,50
	Experimento VII			
	Média	D.P.	Mínimo	Máximo
PMm ($kg^{0,75}$)	96,25	5,14	84,96	108,82
GMD (kg/dia)	1,23	0,25	0,42	1,96
CMS (kg/dia)	9,73	1,19	7,81	13,58
EG (mm)	5,11	1,84	1,00	10,00
Amido fecal (% MS)	9,32	5,90	1,70	25,20
CAR (kg/dia)	0,00	0,80	-1,67	3,27

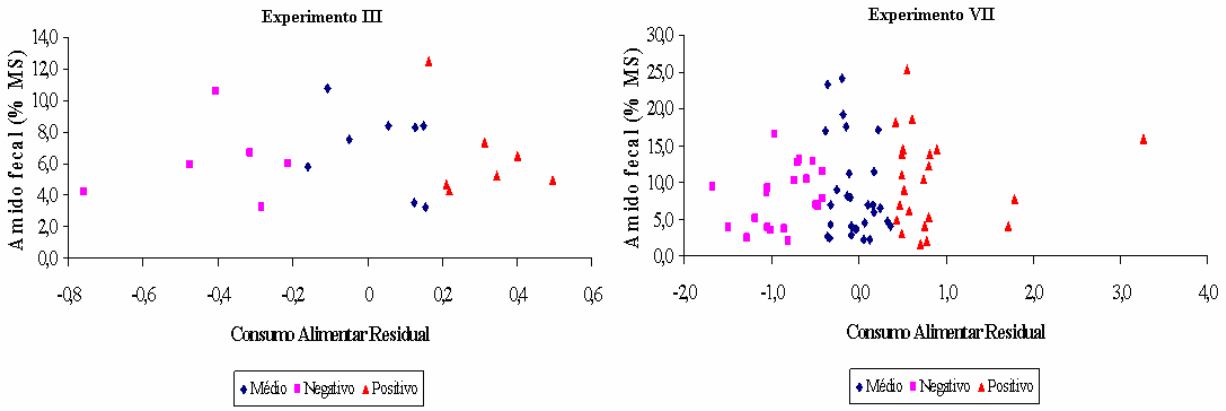

Figura 3.1 – Correlação entre Consumo Alimentar Residual e amido fecal (% MS). No Experimento III foram avaliadas 21 novilhas da raça Nelore e no Experimento VII avaliaram-se 70 touros da raça Nelore

Pode-se notar que não houve correlação entre amido fecal e consumo alimentar residual, tanto no experimento III (r = -0,0120; P = 0,96), quanto para o VII (r = 0,1289; P = 0,29), conforme apresentado na Figura 3.1. Estes resultados não concordam com os resultados obtidos por Channon, Rowe e Herd (2004). Estes pesquisadores utilizaram parâmetros fecais (pH e MS fecal) que refletem a fermentação do amido no intestino grosso fornecendo dados da digestão do amido. Com isso os autores sugeriram que animais mais eficientes (CAR negativo) apresentaram menor teor de amido nas fezes. Porém a dieta fornecida por estes autores continha 75% de cevada laminada e 10% de feno de sorgo, ou seja, a maior porcentagem da dieta era composta por amido. Talvez, nestas dietas de alto teor de amido, o amido fecal funcione como ferramenta para indicar animais mais eficientes no rebanho, porém quando se utiliza dietas com baixo teor de amido, o amido fecal pode não ser um bom parâmetro para selecionar animais.

3. 3 Conclusões

Houve baixa correlação entre PMm, CMS (kg/dia) e EA (kg/kg) com o teor de amido fecal. Entretanto, não foi observada correlação entre CAR e amido fecal para fêmeas e machos da raça Nelore. Com isso pode-se concluir que talvez o amido fecal não seja um bom indicador para animais mais eficientes do rebanho quando a dieta oferecida aos animais apresentam baixo teor de amido, havendo necessidade de um número maior de pesquisas nesta área.

Referências

ANTUNES, R.C.; RODRIGUEZ, N.M. Metabolismo dos carboidratos não estruturais. In: BERCHIELLI, T.T.; PIRES, A.V.; OLIVEIRA, S.G. (Eds.). **Nutrição de ruminantes**. Jaboticabal: FUNEP, 2006. cap. 8, p. 229-253.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis.** 15th ed.Washington D. C., 1990. 1141 p.

BACH KNUDSEN, K.E. Carbohydrate and lignin contents of plant materials used in animal feeding. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 67, p. 319-338, 1997.

BARAJAS, R.; ZINN, R.A. The feeding value of dry-rolled and steam-flaked corn in finishing diets for feedlot cattle: influence of protein supplementation. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 76, p. 1744-1752, 1998.

BAUMAN, D.E.; MCCUTCHEON, S.N.; STEINHOUR, W.D.; EPPARD, P.J.; SECHEN, S.J. Sources of Variation and Prospects for Improvement of Productive Efficiency in the Dairy Cow: A Review. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 60, p. 583-592, 1985.

CHANNON, A.F.; ROWE, J.B.; HERD, R.M. Genetic variation in starch digestion in feedlot cattle and its association with residual feed intake. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, Melbourne, v. 44, p. 469, 2004.

GAEBE, R.J.; SANSON, D.W.; RUSH, I.G.; RILEY, M.L.; HIXON, D.L.; PAISLEY, S.I. Effects of extruded corn or grain sorghum on intake, digestibility, weight gain, and carcasses of finishing steers. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 76, p. 2001-2007, 1998.

KREHBIEL, C.R.; KREIKEMEIER, K.K.; FERRELL, C.L. Influence of Bos indicus crossbreeding and cattle age on apparent utilization of a high-grain diet. **Journal of Animal Science,** Savoy, v. 78, p. 1641-1647, 2000.

LADELY, S.R.; STOCK, R.A.; GOEDEKEN, F.K.; HUFFMAN, R.P. Effect of corn hybrid and grain processing method on rate of starch disappearance and performance of finishing cattle . **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 73, p. 360-364, 1995.

LITTELL, R.; STROUP,W; FREUND, R. **SAS for linear models**. 4th ed. Cary: SAS Institute, 2002.

MOORE, R.L.; ESSIG, H.W.; SMITHSON, L.J. Influence of breeds of beef cattle on ration utilization. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 41, n. 1, p. 203-207, 1975.

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

OLBRICH JR., J.F. **The effect of corn particle size and corn silage level on the performance of Angus (*Bos taurus*) and Brahman (*Bos indicus*) steers.** 1996. 181 p. Thesis (PhD – Animal Science) - University of Florida, Gainesville, 1996.

OWENS, F.; ZINN, R.A. Corn grain for cattle: influence of processing on site and extent of digestion. In: SOUTHWEST NUTRITION CONFERENCE, 2005. **Proceedings...** p. 86-112.

OWENS, F.N.; SECRIST, D.S.; HILL, W.J.; GILL, D.R. The effect of grain source and grain processing on performance of feedlot cattle: a review. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 75, p. 868-879, 1997.

POORE, M.H; ECK, T.P.; SWINGLE, R.S.;THEUREN, C.B. Total starch and relative starch availability of feed grams. In: BIENAL CONFERENCE ON RUMEN FUNCTION, 20.,. 1989, Chicago.

SAS INSTITUTE. **SAS/STAT user's guide:** version 6. 4th ed. Cary: Statistical Analysis System Institute, 1999. 846 p.

THEURER, C.B.; LOZANO, O.; ALIO, A; DELGADO-ELORDUY, A.; SADIK, M.; HUBER, J. T.; ZINN, R. A. Steam-processed corn and sorghum grain flaked at different densities alter ruminal, small intestinal, and total tract digestibility of starch by steers. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 77, p. 2824-2831, 1999.

TURGEON JR., O.A.; BRINK, D.R.; BRITTON, R.A. Corn particle size mixtures, roughage level and starch utilization in finishing steer diets. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 57, p. 739-749, 1983.

YU, P.; HUBER, J.T.; SANTOS, F.A.P.; SIMAS, J.M.; THEURER, C.B. Effects of ground, steam-flaked, and steam-rolled corn grains on performance of lactating cows. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 81, p. 777-783, 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.

4 ESTUDO DOS FATORES QUE DETERMINAM AS PERDAS DE AMIDO EM CONFINAMENTOS COMERCIAIS

Resumo

Diferentes fontes e processamentos de grãos têm sido estudados com intuito de se determinar quais combinações proporcionam melhores desempenhos e eficiência em bovinos confinados. No Brasil a moagem é o método de processamento de grãos mais utilizado e há poucos estudos sobre o efeito do tamanho de partícula dos grãos nas perdas de amido. Trabalhos conduzidos pelo nosso grupo com animais experimentais demonstram efeito de horário de coleta sobre o teor de amido fecal. O objetivo neste estudo foi avaliar a influência do período de coleta, grupo genético, fonte de amido (milho ou sorgo), tamanho de partícula e teor de amido da dieta sobre o pH, teor de MS e de amido fecal de bovinos confinados. As coletas foram realizadas em 9 confinamentos comerciais, obtendo-se 935 amostras fecais, de animais que consumiram 13 diferentes dietas que utilizavam fontes de amido moídas. Foram realizadas as seguintes análises dos ingredientes da dieta: MS, cinzas, amido, pH, tamanho de partícula da fibra e tamanho de partícula da fonte de amido. O único processamento avaliado foi a moagem. Para o teor de amido fecal não se observou diferença (P = 0,29) entre as fontes de amido (milho e sorgo). Houve interação entre grupo genético e período de coleta, sendo que o teor de amido fecal foi maior para as coletas feitas pela manhã em relação à tarde, tanto para animais Nelore (7,5% de manhã e 2,2% a tarde) quanto para os cruzados (6,6% de manhã e 4,7% a tarde). O teor de amido fecal variou de forma linear (P = 0,06) em função do aumento do teor de amido da dieta somente para o sorgo. Não houve efeito (P = 0,21) da granulometria da fonte de amido no teor de amido fecal para milho ou sorgo. Para a %MS fecal houve diferença para fonte de amido (20,5% para o milho e 23,1% para o sorgo; P = 0,06) e para período de coleta (22,2% pela manhã e 21,4% a tarde; P < 0,01). Para o pH fecal houve diferença (P < 0,01) para fonte de amido (6,55 para o milho e 6,04 para o sorgo) e houve interação entre grupo genético e período de coleta. Houve correlação negativa entre amido fecal com o pH fecal (r = -0,57 para milho e r = -0,51 para sorgo) e positiva entre amido fecal e MS fecal (r = 0,64 para milho e 0,70 para sorgo). O pH fecal é uma ferramenta simples embora pouco precisa para se estimar o teor de amido nas fezes. As perdas fecais de amido variam dependendo do período de coleta, consistente com os resultados em experimentos controlados.

Palavras-chave: Confinamento; Fezes; Gado de corte; Milho; Ruminantes; Sorgo

Abstract

Factors affecting starch losses in commercial feedlots

Grain sources, methods of grain processing and different feed formulations have been extensively studied in order to determine which combinations can improve performance and efficiency. In Brazil, grinding is the main method of grain processing and there are few studies on the effect of particle size on fecal starch losses. Work conducted by our group with experimental animals, demonstrated an effect of time of fecal collection on fecal starch content. The purpose of

this study was to evaluate the influence of period of collection, diet starch content, grain particle size after grinding, genetic group and source of starch (corn or sorghum) on pH, dry matter and fecal starch concentrations. Samples were collected on 9 commercial feedlots, resulting in 935 fecal samples from animals that were fed 13 different diets using differently ground grains as sources of starch. The ingredients of the diet and feces were analyzed for DM, ash, starch and pH. Diets were also analyzed for particle size of the roughage source and particle size of the starch source. There was an interaction between genetic group and period of collection, and the starch content was higher for fecal samples collected in the morning for both Nellore (7.5% in the morning from 2.2% in the afternoon) and crossbreed animals (6.6% in the morning from 4.7% in the afternoon). There was no difference (P = 0.29) between sources of starch (corn or sorghum) for fecal starch content. Fecal starch was a linear (P < 0.06) function of the increased in starch content of the diet for sorghum. There was no effect (P = 0.21) of particle size in fecal starch content for corn and sorghum sources. For DM there was a difference for the source of fecal starch (20.5% for corn and 23.1% for sorghum, P = 0.06) and period of collection (22.2% in the morning and 21.4% in the afternoon, P < 0.01). Fecal pH was different (P < 0.01 for source of starch (6.55 and 6.04 for corn and sorghum) and there was an interaction between genetic group and collection period. There was a negative correlation between fecal starch and fecal pH (r = -0.57 for corn and r = -0.51 for sorghum) and a positive association for fecal %DM (r = 0.64 for corn and 0.70 for sorghum). Fecal pH is a simple tool to estimate fecal starch content, however precision is relatively low. Fecal starch content is varies with the time of fecal sample collection in the feedlot, consistently with the results from controlled experiments.

Keywords: Beef cattle; Corn; Feces; Feedlot; Ruminants; Sorghum

4.1 Introdução

Pela sua importância, fontes de grãos e seus processamentos vêm sendo estudados há anos. A maioria dos confinamentos comerciais seleciona os grãos que irão compor a dieta dos animais, baseados na estimativa da sua digestibilidade e no seu custo de oportunidade. A digestibilidade é sempre estimada baseada no tipo de processamento realizado pelo confinamento. Há uma infinidade de métodos de processamento que variam em relação ao custo e eficácia. Moagem, ensilagem do grão úmido, floculação, micronização e extrusão são alguns dos métodos mais comuns. O principal objetivo do processamento é aumentar a disponibilidade de energia do grão para o animal. Além disso, o processamento pode destruir micotoxinas, inativar substâncias anti-nutricionais, melhorar a qualidade da mistura e o desempenho animal.

Vários estudos (SMITH; PARRISH; PICKETT, 1949; MEHEN et al., 1966; SINDT et al., 1993; TEIXEIRA; SANTOS; OLIVEIRA, 1996; ROWE; CHOCT; PETHICK, 1999) sugerem que quanto mais finamente o grão for moído, melhor será o aproveitamento do amido e

o desempenho pelos animais. Entretanto, alguns trabalhos encontraram resultados diferentes, com melhores eficiências com grãos não processados (OLBRICH JR, 1996).

O processamento aumenta a disponibilidade de amido e proteína dos grãos no rúmen e no intestino delgado, alterando as características da fermentação ruminal, taxa de passagem e o sítio de digestão destas frações (THEURER, 1986; OWENS; ZINN; KIM, 1986; NOCEK; TAMMINGA, 1991). Os diferentes processamentos atuam principalmente no aumento da área de superfície dos grãos, e conseqüentemente da área sujeita ao ataque pelos microorganismos ruminais e pelas enzimas do hospedeiro. Há uma redução da proteção dos grânulos de amido pela matriz protéica e um aumento da solubilidade dos grânulos de amido em água. As mudanças da gravidade específica dos grãos após a moagem e outras formas de processamento altera a taxa de passagem, com efeitos diretos na degradabilidade efetiva no rúmen.

O amido que não é digerido no rúmen, tem uma taxa de passagem muito rápida pelo intestino delgado, e uma proporção relativamente elevada passa para o intestino grosso onde sofre fermentação microbiana. Neste local, devido à produção de ácidos graxos voláteis e ácido lático, o pH da digesta diminui ao ponto de causar problemas para a mucosa intestinal, provocar diarréia e potencialmente acidose (HUBER, 1976; LEE, 1977).

Segundo Channon, Rowe e Herd (2004) o pH fecal é um indicador simples da quantidade do amido fermentado no intestino grosso uma vez que reflete o grau de acidez resultante dessa fermentação. Maiores teores de matéria seca das fezes, e menos diarréia, significam que uma menor quantidade de amido atingiu o intestino grosso para ser fermentado, portanto, a digestão no rúmen e intestino delgado foi mais eficiente.

O objetivo neste estudo foi avaliar a influência do grupo genético, período de coleta e fonte de amido (milho e sorgo) sobre o pH, MS e amido fecal, e o tamanho de partícula e teor de amido da dieta sobre o teor de amido fecal em bovinos confinados.

4.2 Material e Métodos

4.2.1 Experimento desenvolvido

Foram realizadas 935 coletas de fezes em 9 confinamentos comerciais, nos quais milho ou sorgo eram utilizados como fonte de amido em 13 diferentes dietas. O processamento em todos os confinamentos foi a moagem a seco dos grãos. Na Tabela 4.1, está o número de animais amostrados por confinamento, Estado, teor de concentrado da dieta, fonte de amido, grupo genético amostrado, período da coleta (M – manhã; T – tarde) e número de baias amostradas.

Tabela 4.1 – Dados dos confinamentos comerciais amostrados

Confinamento	Estado	Concentrado (% MS)	Fonte de amido	Grupo Genético	Período coleta	Baia	Nº animais amostrados
I	SP	81,6	Milho	Nel / Cruz	T	2	20
II	SP	70,0 / 40,0	Milho	Nel / Cruz	M / T	4	200
III	SP	59,8 / 61,5	Milho	Nel / Cruz	M	3	52
IV	GO	86,2	Sorgo	Nel / Cruz	M	2	50
V	SP	85,0 / 68,8	Milho	Nel / Cruz	M / T	6	200
VI	MS	72,0	Sorgo	Nel / Cruz	M / T	13	227
VII	MT	88,0	Milho	Nel / Cruz	M	2	50
VIII	MT	70,9	Sorgo	Nel / Cruz	T	2	36
IX	MT	83,5	Sorgo	Nel / Cruz	M / T	4	100

Em todos os confinamentos o período referente à manhã foi padronizado para as coletas realizadas entre 07:00 as 12:00 horas e o período da tarde para as coletas entre 12:30 as 18:00 horas. As amostras foram coletadas frescas, logo em seguida à excreção pelo animal, sendo recolhidas do "chão", descartando a porção que entrou em contato direto com o solo. As amostras foram acondicionadas em caixa de isopor devidamente refrigerada. Também coletaram-se amostras das dietas para determinação de amido e avaliação do tamanho de partícula das fibras. Amostras das fontes de amido utilizadas na dieta foram coletadas para determinação do tamanho de partícula dos grãos.

4.2.2 Análises laboratoriais

Todas as amostras (935 amostras fecais, 13 amostras de dietas e 12 amostras de fontes do amido moídas) dos confinamentos foram encaminhadas para o Laboratório de Nutrição e Crescimento Animal da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" da Universidade de São Paulo. Estas foram secas em estufa de ventilação forçada (55ºC durante 48 horas) e posteriormente moídas em moinho de facas utilizando peneira de 1 mm.

As análises laboratoriais realizadas foram: matéria seca (105ºC), cinzas (AOAC, 1990) e amido (BACH KNUDSEN, 1997). As determinações de amido fecal e dietético, foram realizadas conforme descrição realizada no capítulo 1.

Foram avaliados o tamanho de partícula das dietas através do uso do Penn State segundo Heinrichs e Kononoff (2002) adaptado por Mari (2003) e o tamanho de partícula da principal fonte de amido da dieta segundo a metodologia de Yu et al. (1998).

A determinação de pH das fezes de cada animal amostrado, seguiu a metodologia de Channon, Rowe e Herd (2004) a qual consistiu na mistura de 4 g de fezes frescas com 4 mL de água deionizada. Posteriormente, com o uso de um peagâmetro, obteve-se a medida pontual do pH fecal. A água deionizada foi utilizada para dissolver a amostra e facilitar as medições pelo peagâmetro, essa estratégia parece não promover alterações do pH das fezes (HAALAND et al., 1982; BARAJAS; ZINN, 1998).

4.2.3 Análises estatísticas

Após as análises laboratoriais, foi realizada a análise estatística dos dados obtidos utilizando o procedimento MIXED do programa estatístico SAS (1999). Considerando o amido, MS e o pH fecal como variáveis dependentes, foi utilizado um modelo misto que considerou os seguintes efeitos fixos: fonte de amido, raça e período e a interação entre raça e período e como aleatório o efeito da baia. Somente para o amido fecal foram considerados também como efeitos fixos as covariáveis lineares dentro de cada fonte de amido, associadas ao teor de amido da dieta e tamanho de partícula da fonte de amido. Foram excluídas do modelo as interações não significativas ($P > 0,10$) ou que não puderam ser estimadas devido à estrutura do conjunto de dados.

4.2.4 Resultados e Discussão

Os valores de amido, tamanho de partícula da fibra da dieta (TMP_{fibra}) e tamanho de partícula dos grãos ($TMP_{grão}$) obtidos para os confinamentos amostrados, são apresentados nas Tabelas 4.2, evidenciando a variedade das amostras obtidas pela composição da dieta.

Tabela 4.2 – Dados obtidos das dietas de cada confinamento amostrado

Conf.[a]	Amido (% MS)[b]	NDT (%)[c]	Concentrado (% MS)[d]	Fonte de volumoso[e]	TMP_{fibra} (mm)[f]	Fonte de amido[g]	$TMP_{grão}$ (mm)[h]
I	22,9	71,60	81,6	Bagaço in natura	0,62	Milho	1,66
II	17,2	66,93	70,0	Bagaço	0,75	Milho	1,13
II	14,6	60,45	40,0	Bagaço	1,25	Milho	1,13
III	25,6	69,92	59,8	Cana picada	0,66	Milho	0,95
III	24,0	70,56	61,5	Cana picada	0,70	Milho	1,07
IV	22,4	77,51	86,2	Sil. Sorgo	0,82	Sorgo	1,32
V	26,2	73,52	85,0	Bagaço in natura	1,01	Milho	1,38
V	39,0	65,72	68,8	Bagaço in natura	1,07	Milho	1,65
VI	43,2	75,09	72,0	Sil. Tanzânia	1,12	Sorgo	0,98
VI	45,9	71,79	72,0	Capim Tanzânia	0,96	Sorgo	0,74
VII	34,3	75,00	88,0	Bagaço in natura	1,02	Milho	1,73
VIII	32,8	85,23	70,9	Bagaço in natura	1,16	Sorgo	1,49
IX	41,1	76,35	83,5	Sil. Milheto	0,74	Sorgo	1,07

[a]Conf = Confinamento amostrado;
[b]Amido (% MS) = amido da dieta obtido por análise laboratorial segunda a metodologia de Bach Knudsen (1997);
[c]NDT (%) = nutrientes digestíveis totais;
[d]Concentrado (% MS) da dieta total
[e]Fonte de volumoso = principal fonte de volumoso da dieta;
[f]TMP_{fibra} (mm) = tamanho médio de partícula da fibra da dieta total utilizando o jogo de peneiras do Penn State segundo Heinrichs; Kononoff (2002) adaptado por Mari (2003);
[g]Fonte de amido = principal fonte de amido da dieta;
[h]$TMP_{grão}$ (mm) seguindo a metodologia proposta por Yu et al. (1998).

O teor de amido fecal variou de forma linear (P = 0,0618) em função do aumento do teor de amido da dieta (AD, % MS). Porém não foi detectado efeito linear para o milho (P = 0,9245), somente para o sorgo (P = 0,0195), conforme descrito pela equação (4.1).

$$\text{Amido fecal}_{\text{sorgo}} = -62{,}9957 + (5{,}5558 * AD) \quad (4.1)$$

Não detectou efeito do $TMP_{grão}$ sobre o teor de amido fecal (P = 0,2065) tanto para animais alimentados com sorgo quanto com milho. Também não houve efeito para fonte de amido (P = 0,2948) no teor de amido fecal.

Não houve efeito da fonte de amido (P = 0,2948) no teor de amido fecal. Estes dados não estão de acordo com a literatura uma vez que esta sugere haver diferenças no aproveitamento de amido de diferentes fontes. Há diferença entre os grãos de milho e sorgo em relação ao tipo e distribuição da proteína que envolve os grânulos de amido no endosperma. Com isso o grão de sorgo apresenta menor digestibilidade da matriz protéica que protege os grânulos amido, o que explicaria a menor digestibilidade do amido no rúmen (HALE, 1973; SPICER; SOWE; THEURER, 1982; SPICER; THEURER; YOUNG, 1983). O sorgo apresenta maior proporção de endosperma periférico que o milho, região esta que é extremamente densa, dura e resistente a penetração de água e digestão (ROONEY; PFLUGFELDER, 1986). Provavelmente o efeito da fonte de amido não foi detectado devido a grande variação dos dados no teor de amido fecal, sendo necessário um número maior de amostras.

Foi observada interação significativa entre grupo genético e período de coleta (P = 0,0058) para o teor de amido fecal, conforme apresentado na Tabela 4.3.

Tabela 4.3 – Desdobramento da interação entre raça e período de coleta para a variável amido fecal e seus respectivos erros-padrão

Período	Nelore	Cruzado	Média	P
Manhã	7,5 (3,25) a	6,6 (3,24) a	7,1	0,5219
Tarde	2,2 (3,26) b	4,7 (3,26) b	3,5	0,1023
Média	4,9	5,7		
P	< 0,0001	0,0265		

Letras minúsculas na mesma coluna apresentam diferença significativa (P < 0,05)

Houve diferença significativa para as perdas de amido, entre os períodos de coleta (manhã e tarde), tanto para animais da raça Nelore quanto para animais cruzados, porém não foi encontrada diferença (P = 0,5329) entre os grupos genéticos. Estes resultados diferem dos obtidos por Olbrich Jr. (1996), este autor demonstrou que as perdas de amido por animais Brahman são

maiores em relação ao Angus, sendo 25,8% e 19,6% respectivamente, sugerindo menor capacidade de digestão do amido por *Bos indicus*.

Ao avaliar a MS fecal como variável dependente, não verificou-se efeito para grupo genético (P = 0,8951), porém houve diferença para período de coleta, sendo a média do teor de MS obtido (%) para o período da manhã de 22,2 ± 0,65 e para tarde de 21,4 ± 0,67. Estes dados não estão de acordo com os obtidos por Channon, Rowe e Herd (2004), estes autores sugerem que conforme aumenta-se o teor de amido nas fezes, menor será a MS e pH fecal. O presente estudo demonstra que conforme aumenta o teor de amido nas fezes (manhã), maior é a MS fecal encontrada. Também foi detectada diferença no teor de MS fecal para fonte de amido (P = 0,0551), sendo de 20,5% para o milho e 23,1% para o sorgo.

Ao analisar o pH fecal foi encontrada diferença significativa para fonte de amido (P = 0,0006), sendo maior para o milho (6,55) em relação ao sorgo (6,04). Segundo alguns trabalhos, estes valores sugerem que o teor de amido fecal foi maior para animais alimentados com grãos de sorgo e menor para animais alimentados com grãos de milho, apesar de não ter sido detectado efeito da fonte de amido no teor de amido fecal no presente trabalho.

Observou-se também uma interação entre grupo genético e período de coleta para o parâmetro pH fecal (Tabela 4.4). Não foi encontrada diferença entre grupos genéticos, concordando com os resultados obtidos por Olbrich Jr. (1996), que ao trabalhar com animais Angus e Brahman não detectou diferença significativa (P = 0,6340) apresentando valores de 6,64 e 6,60, respectivamente.

Tabela 4.4 – Desdobramento da interação entre grupo genético e período de coleta para a variável pH fecal e seus respectivos erros-padrão

Período	Nelore	Cruzado	Média	P
Manhã	6,26 (0,09) a	6,27 (0,09) a	6,27	0,9194
Tarde	6,42 (0,10) b	6,23 (0,10) a	6,33	0,1461
Média	6,34	6,25		
P	0,0049	0,4343		

Letras minúsculas na mesma coluna apresentam diferença significativa (P < 0,005)

Não detectou-se diferença para pH fecal por período de coleta em animais cruzados, somente houve diferença para animais Nelore, sendo maior para o período da tarde, sugerindo que os animais apresentam menor teor de amido fecal a tarde, uma vez que Wheeler e Noller

(1977), Russell, Young e Jorgensen (1980), Channon, Rowe e Herd (2004) e Depenbusch et al. (2008) demonstraram que conforme aumenta o pH fecal, diminui o teor de amido nas fezes. Porém Galyean, Wagner e Owens (1979) apresentaram valores de pH fecal mais altos para animais alimentados com dietas de grão inteiro em relação aos animais alimentados com grão moído, porém o teor de amido fecal foi maior para os animais que receberam grão de milho inteiro. Pode-se dizer que talvez a correlação entre amido fecal e pH seja negativa quando o grão é processado, porém quando este é fornecido inteiro, esta correlação seja positiva.

Para que fosse possível aferir o teor de amido fecal por medidas indiretas, como pH e MS fecal, foram realizadas correlações entre as variáveis amido, pH e MS fecal. Os valores médios, desvios-padrão, mínimo e máximo estão apresentados na Tabela 4.5, enquanto os resultados obtidos para as correlações estão apresentados na Tabela 4.6.

Tabela 4.5 – Média, desvios-padrão, mínimo e máximo do amido fecal (% MS), MS fecal (%) e pH fecal

	Milho como principal fonte de amido da dieta				
	Nº amostras	Média	D.P.	Mínimo	Máximo
Amido fecal (% MS)	347	8,6	5,76	0,1	30,5
MS fecal (%)	347	19,5	4,78	10,4	32,7
pH fecal	346	6,56	0,52	5,30	8,10
	Sorgo como principal fonte de amido da dieta				
	Nº amostras	Média	D.P.	Mínimo	Máximo
Amido fecal (% MS)	451	13,2	8,13	0,6	41,6
MS fecal (%)	449	22,7	3,28	14,8	34,7
pH fecal	449	6,07	0,43	4,80	7,60

Tabela 4.6 – Correlação entre amido, MS e pH fecal para diferentes fontes de amido

	Milho como principal fonte de amido da dieta		
	Amido fecal	MS fecal	pH fecal
Amido fecal	r = 1	r = 0,64; P < 0,0001	r = -0,57; P < 0,0001
MS fecal	r = 0,64; P < 0,0001	r = 1	r = -0,51;P < 0,0001
pH fecal	r = -0,57; P < 0,0001	r = -0,51;P < 0,0001	r = 1
	Sorgo como principal fonte de amido da dieta		
	Amido fecal	MS fecal	pH fecal
Amido fecal	r = 1	r = 0,70; P < 0,0001	r = -0,51; P < 0,0001
MS fecal	r = 0,70; P < 0,0001	r = 1	r = -0,51;P < 0,0001
pH fecal	r = -0,51; P < 0,0001	r = -0,51;P < 0,0001	r = 1

Os resultados obtidos da correlação entre teor de amido fecal e pH fecal apresentaram um valor superior aos valores obtidos por Depenbusch et al. (2008). Estes autores notaram uma correlação negativa entre pH e amido fecal ($r = -0,34$; $P < 0,05$) utilizando 143 amostras. Russell, Young e Jorgensen (1980) também encontraram uma correlação negativa ($r = -0,35$) entre amido fecal e pH fecal quando avaliaram 128 animais. A maior correlação apresentada neste estudo se deve provavelmente ao maior banco de dados.

Channon, Rowe e Herd (2004) sugerem correlação negativa entre pH e amido fecal, porém entre o pH e MS fecal a correlação é positiva. Os resultados encontrados neste estudo concordam com os obtidos por estes autores para o pH fecal (correlação negativa com o amido das fezes), mas não para a MS fecal, a qual apresentou correlação positiva com o amido fecal.

4. 3 Conclusões

Os dados sugerem que há diferença no teor de amido fecal para as diferentes fontes de amido, porém não foi possível comprovar no presente estudo.

Quanto o tamanho de partícula da fonte de amido da dieta, necessita-se de um maior banco de dados para verificar seus efeitos nos teores de amido presente nas fezes.

Os teores de pH e MS fecal apresentam correlação com amido fecal, sendo negativa entre pH e amido nas fezes e positiva para %MS e amido fecal, sendo o pH fecal uma ferramenta simples embora pouco precisa para se estimar o teor de amido nas fezes.

Referências

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis.** 15th ed.Washington D. C., 1990. 1141 p.

BACH KNUDSEN, K.E. Carbohydrate and lignin contents of plant materials used in animal feeding. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 67, p. 319-338, 1997.

BARAJAS, R.; ZINN, R.A. The feeding value of dry-rolled and steam flaked corn in finishing diets for feedlot cattle: influence of protein supplementation. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 76, p. 1744-1752, 1998.

CHANNON, A.F.; ROWE, J.B.; HERD, R.M. Genetic variation in starch digestion in feedlot cattle and its association with residual feed intake. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, Melbourne, v. 44, p. 469-474, 2004.

DEPENBUSCH, B.E.; NAGARAJA, T.G.; SARGEANT, J.M.; DROUILLARD, J.S.; LOE, E.R.; CORRIGAN, M.E. Influence of processed grains on fecal pH, starch concentration, and shedding of *Escherichia coli* O157 in feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 86, p. 632-639, 2008.

GALYEAN, M.L.; WAGNER, D.G.; OWENS, F.N. Corn particle size and site and extent of digestion by steers. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 49, p. 204-210, 1979.

HAALAND, G.L.; TYRRELL, H.F.; MOE, P.W.; WHEELER; W.E. Effect of crude protein level and limestone buffer in diets fed at two levels of intake on rumen pH, ammonia-nitrogen, buffering capacity and volatile fatty acid concentration of cattle. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 55, p. 943-950, 1982.

HALE, W.H. Influence of processing on the utilization of grains (starch) by ruminants. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 37, p. 1075-1080, 1973.

HEINRICHS, J.; KONONOFF, P. **Evaluating particle size of forages and TMRs using the New Penn State forage particle separator**. Pennsylvania: The Pennsylvania State University, Department of Dairy and Animal Science, 2002. 14 p (Technical Repost DAS 02-42).

HUBER, T.L. Physiological effects of acidosis on feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 43, p. 902-909, 1976.

LEE, G.J. Changes in composition and pH of digesta along the gastrointestinal tract of sheep in relation to scouring induced by wheat engorgement. **Australian Journal of Agricultural Research**, Melbourne, v. 28, p. 1075-1082, 1977.

MARI, L .J. **Intervalo entre cortes em capim-Marandu (*Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich) Stapf cv. Marandu):** produção, valor nutritivo e perdas associadas à fermentação da silagem. 2003. 138 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

MEHEN, S.M.; HALE, W.H.; THEURER, C.B.; LITTLE, M.; TAYLOR, B. Effect of dry rolling, fine grinding, steam processing and pressure cooking on the digestion of milo rations by steers. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 25, p. 593, 1966.

NOCEK, J.E.; TAMMINGA, S. Site of digestion of starch in the gastrointestinal tract of dairy cows and its effect on milk yield and composition. **Jounal of Dairy Science**, Savoy, v. 74, p. 3598-3629, 1991.

OLBRICH JR, J.F. **The effect of corn particle size and corn silage level on the performance of Angus (*Bos taurus*) and Brahman (*Bos indicus*) steers.** 1996. 181 p. Thesis (PhD – Animal Science) - University of Florida, Gainesville, 1996.

OWENS, F.N.; ZINN, R.A.; KIM, Y.K. Limits to starch digestion in the ruminant small intestine. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 63, p. 1634-1648, 1986.

ROONEY, L.W.; PFLUGFELDER, R.L. Factors affecting starch digestibility with special emphasis on sorghum and corn. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 63, p.1607-1623, 1986.

ROWE, J.B.; CHOCT, M.; PETHICK, D.W. Processing cereal grains for animal feeding. **Australian Journal of Agricultural Research**, Melbourne, v. 50, p. 721-736, 1999.

RUSSELL, J.R.; YOUNG, A.W.; JORGENSEN, N.A. Effect of sodium bicarbonate and limestone additions to high grain diets on feedlot performance and ruminal and fecal parameters in finishing steers. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 51, p. 996-1002, 1980.

SAS INSTITUTE. **SAS/STAT user's guide:** version 6. 4th ed. Cary: Statistical Analysis System Institute, 1999. 846 p.

SINDT, M.H.; STOCK, R.A.; KLOPFENSTEIN, T.J.; SHAIN, D.H. Effect of protein source and gain type on finishing calf performance and ruminal metabolism. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 71, p. 1047-1056, 1993.

SMITH, E.F.; PARRISH, D.B.; PICKETT, A.G. Effect of grinding on the nutritive value of grain sorghums for fattening steer calves. **Kansas Agricultural Experiment Station Circular,** n. 250, p. 37, 1949.

SPICER, L.; SOWE, J.; THEURER, B. Starch digestion of sorghum grain, barley and corn based diets by beef steers. **Proceedings Western Sec. American Society of Animal Science**, v. 33, p. 41, 1982.

SPICER, L.; THEURER, B.; YOUNG, M.C. Ruminal and pos-ruminal utilization of protein from feed grains by beef steers. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 57, suppl. 1, p. 470, 1983.

TEIXEIRA, J.C.; SANTOS, R.M.; OLIVEIRA, A.I.G. Degradabilidade ruminal da matéria seca, proteína bruta e fibra em detergente neutro de rações contendo caroço de algodão e grão de milho, em diferentes formas físicas, em vacas da raça Holandesa. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 25, p. 814, 1996.

THEURER, C.B. Grain processing effects on starch utilization by ruminants. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 63, p. 1649-1662, 1986.

WHEELER, W.E.; NOLEER, C.H. Gastrointestinal tract pH and starch in feces of ruminants. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 44, p. 131-135, 1977.

YU, P.; HUBER, J.T.; SANTOS, F.A.P.; SIMAS, J.M.; THEURER, C.B. Effects of ground, steam-flaked, and steam-rolled corn grains on performance of lactating cows. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 81, p. 777-783, 1998.

5 DESENVOLVIMENTO DE EQUAÇÕES PARA PREDIÇÃO DO TEOR DE AMIDO FECAL DE BOVINOS POR ESPECTROSCOPIA DE REFLECTÂNCIA DO INFRAVERMELHO PRÓXIMO (NIRS)

Resumo

Nos últimos anos houve um grande aumento do número de bovinos confinados, sendo que este crescimento deve se sustentar no médio prazo. Além do crescimento no número de bovinos alimentados intensivamente, as dietas têm sido formuladas com uma proporção crescente de grãos, e esta tendência também deve continuar a médio prazo. Pesquisas demonstram que o teor de amido fecal é um bom indicador do aproveitamento do amido da dieta em bovinos. Porém a metodologia de determinação de amido é bastante cara e demorada. O uso da espectroscopia de reflectância do infravermelho próximo (Near Infrared Reflectance Spectroscopy - NIRS) é uma técnica de análise física de baixo custo. Pela rapidez da análise, o NIRS seria uma ferramenta extremamente útil para o manejo nutricional. O objetivo deste trabalho foi gerar e validar equações de calibração para teor de amido fecal a partir do espectro do NIRS e análises laboratoriais pelo método enzimático. Foram utilizadas 1.985 amostras de fezes de bovinos confinados consumindo dietas com variação quanto ao teor e tipo de volumoso, teor e fonte de amido e granulometria do processamento em diversos confinamentos comerciais. As amostras foram coletadas frescas e imediatamente refrigeradas, posteriormente foram secas e moídas. As análises realizadas foram: matéria seca (MS), cinzas (CZ) e amido fecal (AMF). O equipamento NIRS foi calibrado para três conjuntos de amostras: todas as amostras com fontes de amido provenientes do milho, sorgo, milheto e farelo de arroz (AMFt); amostras de animais alimentados com milho como fonte de amido (AMFm); amostras de animais alimentados com sorgo como fonte de amido (AMFs). Os coeficientes de determinação (R^2) das calibrações para AMFt, AMFm e AMFs foram de 0,95, 0,93 e 0,98 e os coeficientes de determinação da validação cruzada foram 0,94, 0,91 e 0,97, respectivamente. As relações de desvio padrão/erro padrão da validação cruzada, um indicador da acurácia foram de 4,09, 3,42 e 5,67, para AMFt, AMFm e AMFs, respectivamente. A validação das equações apresentaram coeficientes de determinação (R^2) de 0,93, 0,92 e 0,95, respectivamente. Os indicadores de precisão e de acurácia sugerem que as equações desenvolvidas para o NIRS permitem sua utilização como uma eficiente ferramenta para predizer a concentração de amido fecal, independente da fonte de amido da dieta.

Palavras-chave: Amido; Bovinos; Espectro; Fezes; NIRS

Abstract

Development of equations to predict fecal starch using Near Infrared Reflectance Spectroscopy (NIRS)

Over the last years, there has been a large increase in animals finished in feedlots , and this growth is expected to continue in the future. Also, diets have been formulated with an increasing proportion of grains, and this trend is expected to continue. Research shows that the

level of fecal starch is an excellent indicator of the digestibility of starch in beef cattle. However, the methodology of starch determination is very expensive and time consuming. Near Infrared Reflectance Spectroscopy (NIRS) is a low cost and rapid physical analytical system and it could be an extremely useful tool in nutritional management involving the use of fecal starch. The objective of this work was to generate and validate the calibration equations for fecal starch using NIRS spectrum. We used 1,985 samples of feces of feedlot cattle consuming diets with different levels and types of roughages, and different types and levels of starch sources The samples were collected fresh and immediately chilled, then dried and ground for analysis. Samples were analyzed for: dry matter (DM), ash (CZ) and fecal starch (AFM) using enzymatic procedures. The NIRS equipment was calibrated to three different sets of samples: samples were the source of starch was corn (AMFm), sorghum (AMFs) and all sources combined including corn, sorghum, millet and rice bran (AMFt). The coefficients of determination (R^2) of calibrations for AMFt, AMFm and AMFs were 0.95, 0.93 and 0.98 and the coefficients of determination of the cross validation were 0.94, 0.91 and 0.97 respectively for the three sets of samples. The relationship of standard deviation/standard error of cross validation demonstrated that the predictive accuracy were 4.09, 3.42 and 5.67, to AMFt, AMFm and AMFs, respectively. The validation of the equations had coefficients of determination (R^2) of 0.93, 0.92 and 0.95 for AMFt, AMFm and AMFs. The equations developed for the NIRS could be validated with independent data demonstrating both high precision and accuracy. Results suggest these calibration equations can be used as an efficient tool to predict the fecal starch concentrations, independently from the source of the starch diet.

Keywords: Beef cattle; Feces; NIRS; Spectrum; Starch

5.1 Introdução

É crescente a utilização de dietas com elevados níveis de concentrado nos confinamentos. Isto ocorre porque o custo da energia digestível proveniente dos concentrados é mais baixa que a do volumoso, e também pelo alto custo e dificuldade de manejo de grandes quantidades de volumoso em grandes confinamentos. Com o aumento no teor de concentrado da dieta, obtêm-se com mais facilidade altas taxas de ganho diário e adequado acabamento em bovinos confinados. O consumo de alimentos nestas dietas também é menor, contribuindo para melhores conversões alimentares e reduzindo o tempo de permanência do animal no confinamento. Porém, é necessário obter uma maneira prática e simples de verificar se as rações estão proporcionando aos animais o desempenho esperado. Zinn, Owens e Ware (2002) sugerem que o teor de amido fecal pode ser um indicador do aproveitamento do amido dietético por animais alimentados com dietas de alto concentrado.As perdas de amido pelos animais variam dependendo do processamento do grão, teor de concentrado, tipo de volumoso, nível de consumo

e da fonte de amido. As análises para determinação do teor de amido são bastante caras e demoradas. Adicionalmente, em confinamentos comerciais, as medidas a serem tomadas devem ser rápidas, uma vez que há grande giro de ingredientes e é difícil traçar um quadro nutricional quando os resultados das análises bromatológicas chegam 3 ou 4 semanas após a coleta.

A Espectroscopia de Reflectância do Infravermelho Próximo (NIRS = Near Infrared Reflectance Spectroscopy) é uma técnica de análise física, não destrutiva, primeiramente estudada por Karl Norris (SHENK; WESTERHAUS, 1994). A técnica se mostra como uma ferramenta extremamente útil, devido a sua rapidez, baixo custo e baixa geração de resíduos químicos. A técnica apresenta alguns problemas na estimativa de certos alimentos ou mistura de alimentos, mas em geral possui uma boa precisão e acurácia para a análise de rotina de vários tipos de alimentos e forragens (DEAVILLE; FLINN, 2000), desde que adequadamente calibrada. Diversos estudos têm mostrado o potencial uso do NIRS para predizer a qualidade da forragem, através das análises das fezes dos animais (COLEMAN; STUTH; HOLLOWAY, 1989; STUTH et al., 1991; LYONS; STHUTH, 1992; LEITE; STUTH, 1995; BOVAL et al., 2004). As fezes são boas preditoras do manejo nutricional, e quando analisadas pelo NIRS, fornecem um rápido suporte para a tomada de decisões nos sistemas de produção de bovinos. O objetivo no presente trabalho foi gerar equações de calibração no NIRS e validá-las para estimativa do teor de amido fecal, em bovinos confinados recebendo as mais variadas dietas encontradas no Brasil Central. Estas calibrações permitiriam usar o NIRS como forma rápida e barata de averiguar o aproveitamento do amido em dieta de bovinos confinados.

5.2 Material e Métodos

5.2.1 Confinamentos e coleta de amostras

Foram utilizadas amostras de seis experimentos (Tabela 5.1) conduzidos no Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Corte da Embrapa (Campo Grande, MS), Centro de Pesquisa de Pecuária do Sudeste da Embrapa (São Carlos, SP), Instituto de Zootecnia (Sertãozinho, SP), Instituto de Zootecnia (Andradina, SP) e Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo (Pirassununga). Também foram utilizadas amostras provenientes de

25 confinamentos comerciais localizados nos Estados de São Paulo, Goiás, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul (Tabela 5.2).

Tabela 5.1 – Descrição dos experimentos, localização, teor de concentrado da dieta (% MS), principal fonte de amido da dieta, granulometria da fonte de amido, grupo genético e número de animais amostrados por experimento (n = 258 animais)

Exp.	Estado	Concentrado (% MS)	Fonte de amido	$TMP_{grão}$ (mm)	Grupo Genético	Nº animais amostrados
I	SP	40	Milho	-	Nel / Cruz	38
II	SP	50	Milho	1,55	Nel	32
III	SP	81	Milho	1,21	Nel	50
IV	MS	73,3	Milho	2,25	Nel / Cruz	38
V	MS	76	Milho	1,74	Cruz	25
VI	MT	75	Milho	1,18	Nel	75

Em dois experimentos (I e II), as amostras já estavam secas. Para os demais experimentos e para todos os confinamentos, a coleta das fezes foi feita do chão logo após o animal defecar, ou seja, coletou-se somente fezes frescas. As amostras foram acondicionadas em caixas de isopor previamente refrigeradas para o envio ao laboratório.

Todos os experimentos continham como fonte de amido da dieta o grão de milho. Já as dietas dos confinamentos comerciais, apresentavam como fontes de amido o grão de milho, sorgo, milheto ou farelo de arroz. O processamento utilizado nos grãos nos confinamentos amostrados foi a moagem, com exceção do confinamento XVI no qual o milho não foi processado.

Tabela 5.2 – Descrição dos confinamentos comerciais, localização, teor de concentrado da dieta (% MS), principal fonte de amido da dieta, granulometria da fonte de amido, grupo genético amostrado, número de baias amostradas e número de animais amostrados por confinamento

Conf.	Estado	Concentrado (% MS)	Fonte de amido	$TMP_{grão}$ (mm)	Grupo Genético	Baia	Nº animais amostrados
I	SP	80	Milho	1,09	Nel / Cruz	3	30
II	SP	100	Milho	1,54	Nel / Cruz	2	20
III	SP	70,4	Milho	0,93	Nel / Cruz	2	20
IV	SP	39	Milho	-	Nel	1	10
V	SP	20,3	Milho	1,1	Nel / Cruz	2	50
VI	SP	81,6	Milho	1,66	Nel / Cruz	2	20
VII	SP	75	Milho	1,27	Nel / Cruz	4	100
VIII	SP	70,0 / 40,0	Milho	1,13	Nel / Cruz	4	200
IX	SP	59,8 / 61,5	Milho	0,95 / 1,07	Nel / Cruz	3	52
X	SP	30	F. de arroz	0,9	Nel / Cruz	2	50
XI	GO	86,2	Sorgo	1,32	Nel / Cruz	2	50
XII	GO	66,5 / 30,0	Sorgo	1,04	Nel	3	75
XIII	GO	49,5	Sorgo	1,1	Nel / Cruz	2	50
XIV	GO	67,5	Milho	1,49	Nel	1	25
XV	GO	72	Sorgo	1,36	Nel	1	25
XVI	GO	100	Milho	5,98	Nel	1	29
XVII	SP	85,0 / 68,8	Milho	1,38 / 1,65	Nel / Cruz	6	200
XVIII	SP	78,4	Sorgo	-	Nel / Cruz	2	50
XIX	MS	74,5 / 72 / 72	Sorgo	1,00 / 0,98 / 0,74	Nel / Cruz	13	347
XX	SP	83,2	Milho	0,93	Nel	1	50
XXI	MT	88	Milho	1,73	Nel / Cruz	2	50
XXII	MT	70,9	Sorgo	1,49	Nel / Cruz	2	36
XXIII	MT	100	Milheto	0,72	Nel / Cruz	2	31
XXIV	MT	83,5	Sorgo	1,07	Nel / Cruz	4	100
XXV	MT	65,0 / 26,0	Milho	0,83	Nel	3	75

5.2.2 Análises laboratoriais

As análises laboratoriais foram realizadas no Laboratório de Nutrição e Crescimento Animal e no Laboratório de Bromatologia, ambos da ESALQ – USP. As amostras fecais (n =

1.985) foram secas em estufa com circulação de ar forçada a 55 ± 5ºC (MS) e moídas em moinho do tipo Willey com peneira de 1 mm.

Foram analisados os teores de matéria seca a 105ºC (%) e cinzas (% MS) seguindo a metodologia proposta pela AOAC (1990), e o amido segundo Poore et al. (1989) para o experimento I, e para os demais se seguiu a metodologia de Bach Knudsen (1997). As determinações de amido fecal foram feitas conforme descrição realizada no capítulo 1. Também avaliou-se o tamanho de partícula da principal fonte de amido da dieta segundo a metodologia de Yu et al. (1998).

Das 2.003 amostras colhidas, foram inseridas no NIRS 1.985 amostras fecais, uma vez que algumas amostras apresentavam quantidades insuficientes para obtenção do espectro no equipamento.

5.2.3 Espectroscopia de reflectância do infravermelho próximo (NIRS)

As amostras tiveram os seus espectros obtidos em intervalos de 2 nm, em uma amplitude de 1100 a 2498 nm, utilizando o aparelho NIRSystem 5000 (Foss NIRSystems Inc., Silver Spring, MD, USA). Os dados espectrais foram armazenados como log 1/R (R = reflectância).

Para definição da população e seleção de amostras para calibração o equipamento utilizou dois procedimentos, os quais usam a análise de componentes principais (autovetores) para condensar a informação do espectro completo em um conjunto pequeno de escores. O algoritmo CENTER, o qual demonstra a distância global do centro da população para a identificação de *outliers*, foi usado como função discriminante na estruturação da população, com valor máximo de GH (Global H) de 3,0. O outro algoritmo utilizado foi o SELECT, o qual demonstra a distância de uma amostra ao seu vizinho mais próximo na hiperesfera dos escores espectrais para evitar redundância, com valor máximo de NH (Neighborhood H) de 0,8 o qual indica o quanto as amostras avaliadas no NIRS representam os dados utilizados para desenvolver a equação da calibração.

Na calibração, os dados laboratoriais de amido fecal (% MS) foram inicialmente regredidos com as informações espectrais para todas as amostras de amido fecal independente da fonte de amido da dieta (AMFt). As amostras também foram divididas em um grupo de amostras

de amido fecal para o milho sendo a principal fonte de amido da dieta (AMFm); e outro grupo de amostras de amido fecal para o sorgo como principal fonte de amido da dieta (AMFs). Finalmente um outro grupo de amostras foi utilizado para a calibração e validação. Os dados destes conjuntos de amostras estão apresentados na Tabela 5.3.

Tabela 5.3 – Número de amostras utilizadas para a calibração e validação para as diferentes fontes de amido da dieta

	Número de amostras utilizadas		
	AMFt*	AMFm*	AMFs*
Total	1.985	1.151	699
Calibração	307	205	199
Validação	1.630	922	482
Outliers	48	24	18

*Tipos de amostras utilizadas: AMFt = todas as amostras de amido fecal independente da fonte de amido da dieta; AMFm = amostras de amido fecal para o milho sendo a principal fonte de amido da dieta; AMFs = amostras de amido fecal para o sorgo como principal fonte de amido da dieta

Das opções disponíveis pelo equipamento utilizou-se o modelo de regressão multivariada pela regressão dos Quadrados Mínimos Parciais Modificados - MPLS (*Modified Partial Least Squares*) e foram testadas as correções de dispersão do erro através da Variação Normal Padrão - SNV (*Standard Normal Variant*), Variação Normal Padrão e Tendência - SNV-D (*Standard Normal Variate and Detrend*), Tendência (*Detrend*), Correções de Dispersão Multiplicativa - MSC (*Multiplicative Scatter Corretions*), Correções de Dispersão Multiplicativa Modificada - MMSC (*Modified Multiplicative Scatter Corretions*); e os tratamentos matemáticos 1, 4, 4, 1; 1, 5, 5, 1; 1, 10, 10, 1; 1, 20, 20, 1; 2, 4, 4, 1; 2, 10, 10, 1 e 2, 20, 20, 1 (número da derivativa, número de partes no comprimento de onda (cada parte representa 2 nm) sobre os quais a derivada é calculada, número de pontos de dados usados na primeira suavização, e número de pontos na segunda suavização).

As equações desenvolvidas foram selecionadas pelos menores valores de erro padrão da calibração (SEC) e erro padrão da validação cruzada (SECV), e maiores valores de coeficientes de determinação da calibração (R^2) e validação cruzada (1-VR).

Outros conjuntos de amostras para amido fecal (n = 1.630 para AMFt; n = 922 para AMFm; n = 482 para AMFs) foram usados para validar a calibração (validação externa). Foi efetuado também um ajuste da validação de acordo com erro sistemático (*bias*), ou seja, os valores que ultrapassaram 0,6 vezes o erro padrão da calibração da equação utilizada foram

excluídos, de acordo com as indicações do próprio equipamento, melhorando desta forma a predição do NIRS para amido fecal. Os processos de calibração e validação foram efetuados no programa computacional WinISI II (Infrasoft International, Port Matilda, PA, USA).

5.2.4 Resultados da calibração e validação das equações no NIRS

Os conjuntos de amostras foram bem representativas em função da amplitude dos dados analisados para amido fecal e em função da diversidade de dietas (baixo, médio e alto teor de concentrado) as quais estes animais estavam submetidos, com diferentes granulometrias e fontes de volumoso.

Vários trabalhos demonstram que boas equações de calibração de NIRS podem ser elaboradas para amostras de fezes, que permitem predizer os atributos da dieta com acurácia aceitável (LYONS; STUTH, 1992; LEITE; STUTH, 1995; BOVAL et al., 2004).

Os espectros obtidos durante a calibração e validação para todas as amostras de amido fecal (com fontes de milho, sorgo, farelo de arroz ou milheto); para amido fecal quando a principal fonte da dieta foi o grão de milho; e quando a principal fonte foi o grão de sorgo estão apresentados na Figura 5.1.

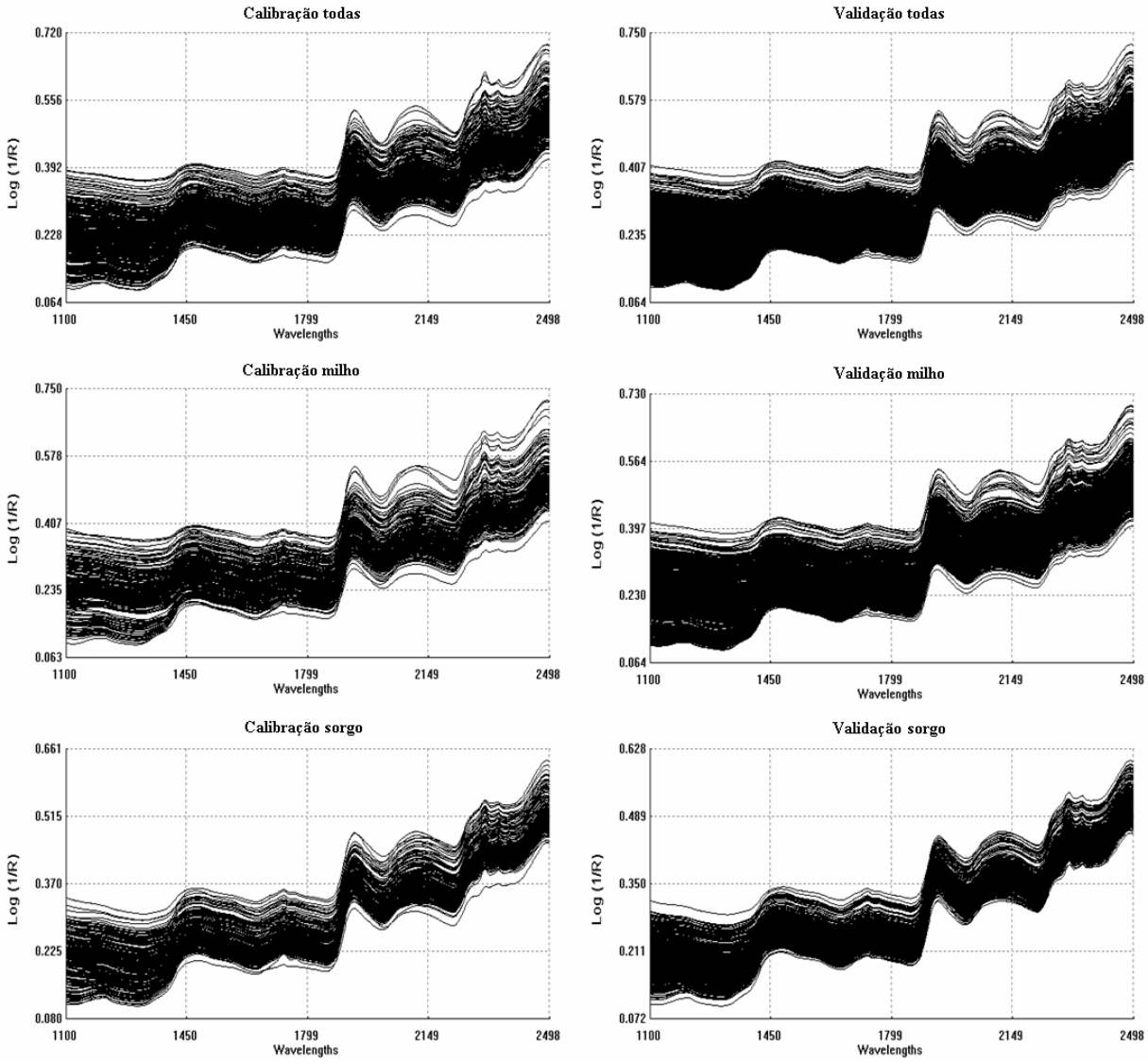

Figura 5.1 – Espectros gerados pelo equipamento durante a calibração e validação para todas as amostras de amido fecal (com fontes de milho, sorgo, farelo de arroz e milheto); para amido fecal quando a principal fonte da dieta foi o grão de milho; e quando a principal fonte foi o grão de sorgo

Na Tabela 5.4, verifica-se que a dispersão do erro (*Scatter*) utilizado para o AMFt foi para Correção de dispersão multiplicativa (MSC), ou seja, utilizou a correção média e padronizada dos espectros para cada comprimento de onda. Já para o AMFm foi o MMSC, ou seja, o MSC modificado. Para o AMFs a dispersão do erro foi por Tendência (Detrend), o qual remove ou reduz os efeitos lineares e a curvatura quadrática de cada espectro.

Pode-se constatar que o tratamento matemático utilizado para todos os conjuntos de amostras foi o 2, 4, 4, 1, que apresentou os melhores resultados na estatística de calibração, concordando com os dados obtidos por Kim; Williams (1990). Estes autores notaram que a segunda derivativa forneceu os resultados mais precisos para a predição de amido para os grãos de milho, trigo e cevada.

Com relação a calibração, o SEC reflete o grau de precisão das análises laboratoriais no NIRS. Com isso, observa-se que o valor de SEC para AMFs pode ser considerado adequado (SEC < 1,5), porém os valores encontrados para AMFt e AMFm demonstram maiores erros (1,83 e 1,77, respectivamente) obtidos nas equações de calibração, ou seja, SEC > 1,5, os quais contribuem para a menor precisão observada.

Todos os conjuntos de amostras apresentaram alta acurácia das equações de calibração, sendo que o valor do coeficiente de determinação foi de 0,95, 0,93, 0,98 para AMFt, AMFm e AMFs, respectivamente. Porém, é a estatística da validação cruzada que representa uma estimativa mais verdadeira do desempenho da calibração, em relação à calibração. Portanto, neste caso, as equações calibradas para todos os conjuntos apresentaram boa habilidade preditiva (1-VR > 0,90).

A acurácia preditiva também pode ser avaliada pela relação DP/SECV, com isso pode-se inferir que a calibração para AMFt, AMFm e AMFs são consideradas adequadas para a análise quantitativa quando SD/SECV > 3,0 (MELLO et al., 2006).

Tabela 5.4 – Resumo das estatísticas de calibração do NIRS para predição do amido fecal independente da fonte de amido (n = 307), amido fecal quando a fonte de amido principal é o milho (n = 205), amido fecal quando a fonte de amido principal é o sorgo (n = 199)

Conjunto amostras	Modelo cal.[a]	Dispersão do erro[b]	Trat. mat.[c]	n[d]	Média	DP[e]	Calibração		Validação Cruzada		DP/ SECV
							SEC[f]	R^{2g}	SECV[h]	1-VR[i]	
AMFt*	MPLS	MSC	2,4,4,1	289	8,2	7,89	1,83	0,95	1,93	0,94	4,09
AMFm*	MPLS	MMSC	2,4,4,1	192	7,2	6,84	1,77	0,93	2,00	0,91	3,42
AMFs*	MPLS	Detrend	2,4,4,1	178	10,5	8,34	1,27	0,98	1,47	0,97	5,67

*Tipos de amostras utilizadas: AMFt = todas as amostras de amido fecal independente da fonte de amido da dieta; AMFm = para amostras de fezes sendo o milho a principal fonte de amido da dieta; AMFs = para amostras de fezes sendo o sorgo como principal fonte de amido da dieta;

[a]Modelos lineares de calibração multivariada pela técnica de regressão múltipla: MPLS (*Modified Partial Least Squares regression*) = regressão dos Quadrados Mínimos Parciais Modificados;

[b]Dispersão do erro, correções de ruído eletrônico e variações no tamanho da partícula (reflectância especular): Detrend only (*Detrend*) = Tendência; e MSC (*Standard Multiplicative Scatter Corrections*) = Correções de Dispersão Multiplicativa; MMSC (*Modified Multiplicative Scatter Corrections*) = Correções de Dispersão Multiplicativa Modificada

[c]Tratamento matemático (*derivative, gap over, smooth, second smooth*) = número da derivativa, número de partes no comprimento de onda (cada parte representa 2 nm) sobre os quais a derivada é calculada, número de pontos de dados usados na primeira suavização, e número de pontos na segunda suavização;

[d]Número de amostras efetivamente utilizadas na regressão;

[e]DP =Desvio Padrão;

[f]SEC (*Standard Error of Calibration*) = Erro Padrão da Calibração;

[g]R^2 = coeficiente de determinação

[h]SECV (*Standard Error of Cross-Validation*) = Erro Padrão da Validação Cruzada;

[i]1-VR = fração da variância explicada pela validação cruzada ou coeficiente de determinação da validação cruzada.

A amplitude dos conjuntos de amostras analisados no laboratório e preditos pelo NIRS para a validação externa pode ser visualizada na Tabela 5.5, para os dados com e sem ajuste da validação para o erro sistemático (*bias*).

O NIRS apresentou maior precisão em relação as técnicas laboratoriais para todos os conjuntos de dados (AMFt, AMFm e AMFs), em função do menor valor do desvio-padrão para os dados avaliados pelo NIRS, exceto para amostras AMFs não ajustadas para o erro sistemático.

Tabela 5.5 – Amplitude do teor de amido fecal de várias fontes de amido (AMFt), amido fecal quando a fonte principal é o milho (AMFm), e amido fecal quando a principal fonte é o sorgo (AMFs) observada na análise laboratorial e predita pelo NIRS para amido fecal, durante o processo de validação sem correção e com os dados ajustados de acordo com o erro sistemático

Conjunto de dados									
Tipo de amostra	n[a]	Laboratório (observado)				NIRS (predito)			
		Mínimo	Máximo	Média	DP[b]	Mínimo	Máximo	Média	DP[b]
AMFt (% MS)	1.581	0,1	50,6	8,9	7,43	-1,3	48,7	8,7	7,07
AMFm (% MS)	919	0,1	50,6	7,1	6,25	-1,1	46,0	7,0	5,86
AMFs (% MS)	471	0,6	39,7	12,2	7,75	0,8	46,1	12,1	7,87
Conjunto de dados ajustados									
Tipo de amostra	n[a]	Laboratório (observado)				NIRS (predito)			
		Mínimo	Máximo	Média	DP[b]	Mínimo	Máximo	Média	DP[b]
AMFt (% MS)	1.526	0,1	50,6	8,6	7,19	-1,3	48,7	8,4	6,82
AMFm (% MS)	892	0,1	50,6	6,8	5,93	-1,1	46,0	6,8	5,50
AMFs (% MS)	447	0,6	39,7	11,7	7,32	0,8	42,0	11,5	7,11

[a]Número de amostras efetivamente utilizadas na validação;
[b]DP = Desvio Padrão.

A estatística da validação para amido fecal em bovinos, obtida para os diferentes tipos de amostra sem e com ajustes dos dados está apresentada na Figura 5.2.

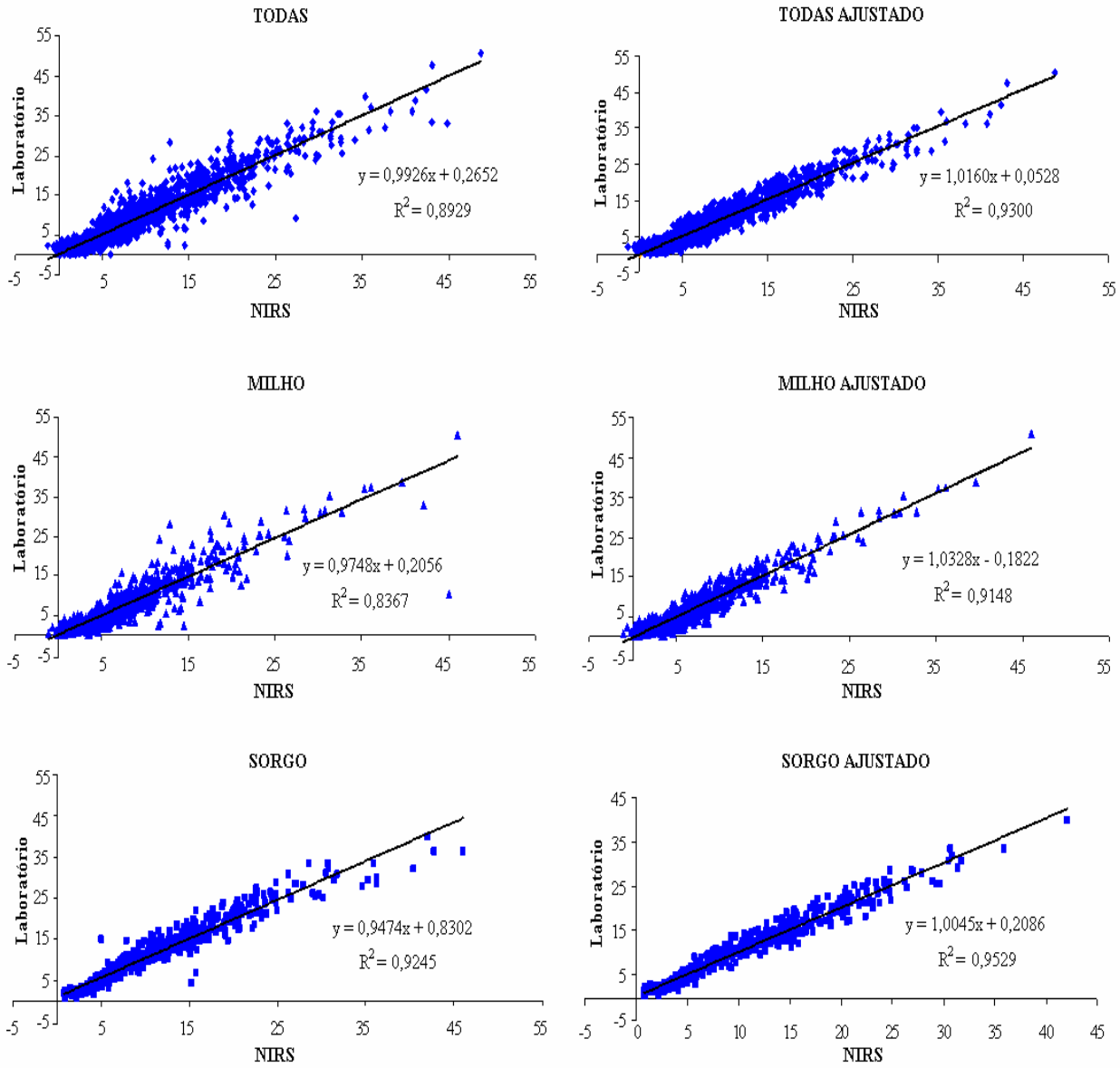

Figura 5.2 – Estatística de validação para todas as amostras de amido fecal (com fontes de milho, sorgo, farelo de arroz ou milheto); para amido fecal quando a principal fonte da dieta foi o grão de milho; e quando a principal fonte foi o grão de sorgo sem e com ajustes dos dados de acordo com o erro sistemático (*bias*)

Na Tabela 5.6 estão apresentados os dados da validação externa, lembrando-se que a validação não pode ser utilizada com o intuito de comparar erros, mas sim para avaliar a habilidade preditiva das equações geradas. Desta forma, os valores de R^2, inclinação e o erro sistemático (*bias*) da validação confirmam a habilidade preditiva observada na calibração para

AMFt, AMFm e AMFs em porcentagem da matéria seca. Com isso, estas equações permitem sua utilização como uma eficiente ferramenta para predizer a concentração de amido fecal, independente da fonte de amido da dieta, principalmente quando os dados foram ajustados para o erro sistemático.

Tabela 5.6 – Resultados da estatística de validação externa para o teor de amido fecal de várias fontes de amido (AMFt), amido fecal quando a fonte principal é o milho (AMFm), e amido fecal quando a principal fonte é o sorgo (AMFs) sem e com ajuste dos dados de acordo com o erro sistemático

			Conjunto de dados		
Tipo de amostra	SEP[a]	SEP(C)[b]	*Bias*[c]	Inclinação[d]	R^{2e}
AMFt (% MS)	2,44	2,43	1,16	0,99	0,89
AMFm (% MS)	2,53	2,53	1,20	0,98	0,84
AMFs (% MS)	2,18	2,17	0,88	0,95	0,93
			Conjunto de dados ajustados		
Tipo de amostra	SEP[a]	SEP(C)[b]	*Bias*[c]	Inclinação[d]	R^{2e}
AMFt (% MS)	1,91	1,90	0,19	1,02	0,93
AMFm (% MS)	1,74	1,74	0,04	1,03	0,92
AMFs (% MS)	1,61	1,59	0,26	1,01	0,95

[a]SEP (*Standard Error of Prediction*) = Erro Padrão de Predição para amostras da validação independente;
[b]SEP(C) = erro inexplicado ou erro padrão corrigido para o erro sistemático;
[c]Bias (erro sistemático) = diferença entre a média da análise laboratorial e a análise NIRS;
[d]Inclinação = subestimativa (< 1,0) ou superestimativa (> 1,0) do conjunto de dados;
[e]R^2 = coeficiente de determinação entre os dados de referência observados no laboratório e preditos pelo NIRS.

5. 3 Conclusões

Foram desenvolvidas equações para três conjuntos de amostras (AMFt, AMFm e AMFs) no NIRS para predição do teor de amido fecal para bovinos confinados. Estas equações desenvolvidas para o NIRS permitem sua utilização como uma eficiente ferramenta para predizer a concentração de amido fecal, independente da fonte de amido da dieta.

Referências

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis.** 15th ed.Washington D. C., 1990. 1141 p.

BACH KNUDSEN, K.E. Carbohydrate and lignin contents of plant materials used in animal feeding. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 67, p. 319-338, 1997.

BOVAL, M.; COATES, D.B.; LECOMTE, P.; DECRUYENAERE, V.; ARCHIMÈDE, H. Faecal near infrared reflectance spectroscopy (NIRS) to assess chemical composition, in vivo digestibility and intake of tropical grass by Creole cattle. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 114, p. 19-29, 2004.

COLEMAN, S.W.; STUTH, J.W.; HOLLOWAY, J.W. Monitoring the nutrition of grazing cattle with nearin frared analysis of feces. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 16., 1989, Nice. **Proceedings...** p. 881-882.

DEAVILLE, E.R.; FLINN, P.C. Near-infrared (NIR) Spectroscopy: an alternative approach for the estimation of forage quality and voluntary intake. In: GIVENS, D.I.; OWEN, E.; AXFORD, R.F.E.; OMED, H.M. (Ed.). **Forrage evaluation in ruminant**. Wallingford: Cabi Publ., 2000. chap. 9, p. 185-207.

KIM, H.O.; WILLIAMS, P.C. Determination of starch and energy in feed grains by near-infrared reflectance spectroscopy. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 38, p. 682-688, 1990.

LEITE, E.R.; STUTH, J.W. Fecal NIRS equations to assess diet quality of free-ranging goats. **Small Ruminant Research,** Amsterdam, v. 15, p. 223-230, 1995.

LYONS, R.K.; STUTH, J.W. Fecal NIRS equations for predicting diet quality of free-ranging cattle. **Journal of Range Management**, Baltimore, v. 45, p. 238-244, 1992.

MELLO, R.; BITTAR, C.M.M.; QUEIROZ, A.C.; ZAGO, C.P.; EIFERT, E.C.; FERREIRA, L.S. Validação de modelos de calibração multivariada para predição da qualidade de silagens de milho pela espectroscopia no infravermelho próximo. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43., 2006, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: SBZ, 2006. 1 CD-ROM.

POORE, M.H.; ECK, T.P.; SWINGLE, R.S.;THEUREN, C.B. Total starch and relative starch availability of feed grams. In: BIENAL CONFERENCE ON RUMEN FUNCTION, 20., 1989, Chicago, 1989.

SHENK, J.S.; WESTERHAUS, M.O. The application of Near Infrared Reflectance Spectroscopy (NIRS) to forage analysis. In: FAHEY JR., G.C.; COLLINS, M.; MERTENS, D.R.; MOSER, L.E. (Eds). **Forage quality, evaluation, and utilization**. Lincoln: University of Nebraska, 1994. chap. 10, p. 406-449.

STUTH, J.W.; LYONS, R.K.; ANGERER, J.P.; MCKOWN, C.D., 1991. Role of NIRS-based nutritional monitoring systems for grazing and nutritional management of range livestock. In: GRASSLAND. LIVESTOCK NUTRITION CONFERENCE, 1991, Steamboat Springs. **Proceedings...** p. 83-93.

YU, P.; HUBER, J.T.; SANTOS, F.A.P.; SIMAS, J.M.; THEURER, C.B. Effects of ground, steam-flaked, and steam-rolled corn grains on performance of lactating cows. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 81, p. 777-783, 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.