

JOSÉ AUGUSTO GOMES AZEVÊDO

**AVALIAÇÃO DE SUBPRODUTOS AGRÍCOLAS E AGROINDUSTRIAIS
NA ALIMENTAÇÃO DE BOVINOS**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2009

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

A994a
2009

Azevêdo, José Augusto Gomes, 1971-

Avaliação de subprodutos agrícolas e agroindustriais na
alimentação de bovinos / José Augusto Gomes Azevêdo.
- Viçosa, MG, 2009.

xvi, 136f.: il. (algumas col.) ; 29cm.

Orientador: Sebastião de Campos Valadares Filho.
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.
Inclui bibliografia.

1. Bovino - Alimentação e rações - Subprodutos.
2. Alimentos alternativos - Subprodutos. 3. Resíduos
agrícolas como ração. 4. Agroindústria - Subprodutos.
I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

CDD 22.ed. 636.210855

JOSÉ AUGUSTO GOMES AZEVÊDO

**AVALIAÇÃO DE SUBPRODUTOS AGRÍCOLAS E AGROINDUSTRIAIS
NA ALIMENTAÇÃO DE BOVINOS**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

APROVADA: 10 de fevereiro de 2009

Prof. Edenio Detmann
(Co-orientador)

Profa. Rilene Ferreira Diniz Valadares
(Co-orientadora)

Prof. Mário Fonseca Paulino

Dr. Luiz Gustavo Ribeiro Pereira

Prof. Sebastião de Campos Valadares Filho
(Orientador)

À minha esposa Karine e meus filhos, Arthur e Juliana,

vocês são à luz do meu caminho,

minhas fontes de inspiração, meus amores,

vocês são a principal razão da minha vida

que me faz lutar e me faz querer sempre o melhor para nossas vidas.

Aos meus pais e toda minha família que mesmo distantes

sempre me transmitiram carinho, afeto e valores

que me estimularam a ter consciência crítica, vontade

por conhecimento e capaz de me fazer

acreditar que seria possível a realização de um sonho.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC), pela liberação das minhas atividades como docente para realização do curso de Doutorado.

À Universidade Federal de Viçosa, pela oportunidade de realização deste curso.

Ao Professor Sebastião de Campos Valadares Filho, pela disponibilidade irrestrita, pela paciência, pela confiança em mim depositada e, sobretudo, pela orientação e ensinamentos tanto na vida profissional quanto pessoal que ultrapassam a própria tese.

Aos Professores Edenio Detmann e Rilene Ferreira Diniz Valadares, pela co-orientação, pelos ensinamentos, pelo incentivo, pela motivação e pelas sugestões apresentadas, que foram fundamentais para o enriquecimento deste trabalho.

Ao Pesquisador Luiz Gustavo Ribeiro Pereira, meu irmão, grande incentivador para realização deste curso, pelas sugestões e críticas apresentadas.

Ao professor Mario Fonseca Paulino pelas sugestões e críticas apresentadas e pelos ensinamentos.

Aos Professores Marcelo Teixeira Rodrigues, Horácio Santiago Rostagno e Ricardo Frederico Euclides, pela competência de seus ensinamentos.

A conclusão deste trabalho só foi possível graças à colaboração e ao estímulo de grupos de amigos como Douglas, Natália, Luciana, Jéssika, Clariana, Mozart, Pedro, Luiz, Vitor, Adriano, Fernando, Marcos Marcondes, Karla Magalhães, Henrique, Gleidson, André Soares e Leandro, com os quais partilho o êxito desta conquista.

Aos amigos e colegas: Mario e Fernanda Chizzoti, Pedro Veiga e Josiane, Luisa Melville, Acreano, Marlos e Jucilene, José Carlos e Cristina, Juliana, Anderson,

Darcilene, Rennius, Mônica, Poliana, Daniel, Paulo, Viviane, Lara e demais, pela convivência harmoniosa e troca de saberes, pelo apoio e valiosa amizade.

Aos meus grandes amigos Douglas; Henrique e Luisa; Maria Ignez; Tião, Rilene e família; Arlicélio, Ana e família; Ricardo, Micheline e família; Robson, Pollianna e família; Eliane, Valdir e família; Edinilson, Shirlei e família, que juntos contribuíram para que minha estadia aqui em Viçosa pudesse ser maravilhosa.

Aos demais professores, colegas de curso e funcionários do Departamento de Zootecnia, que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

BIOGRAFIA

JOSÉ AUGUSTO GOMES AZEVÊDO, filho de Gilberto Azevêdo e Rosa Maria Gomes Azevêdo, nasceu em Feira de Santana, Bahia, em 17 de abril de 1971.

Em janeiro de 1995, graduou-se em Zootecnia pela Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia.

Em março de 1996, foi contratado, por concurso público, como Professor Auxiliar do Departamento de Ciências Agrárias e Ambientais da Universidade Estadual de Santa Cruz em Ilhéus - Bahia.

Em agosto de 1996, obteve o título de Especialista em Solos e Meio Ambiente pela Universidade Federal de Lavras.

De janeiro de 1997 a agosto de 1998, foi instrutor do Serviço Nacional de Aprendizagem Rural (SENAR) – Administração Regional da Bahia.

Em junho de 1998, obteve o título de Especialista em Produção de Ruminantes pela Universidade Federal de Lavras.

Em fevereiro de 2000, iniciou o curso de Mestrado em Zootecnia, na Universidade Federal de Viçosa, na área de Nutrição de Ruminantes, defendendo tese em 25 de janeiro de 2002.

Em março de 2005, iniciou o curso de Doutorado em Zootecnia, na Universidade Federal de Viçosa, na área de Nutrição de Ruminantes, defendendo tese em 10 de fevereiro de 2009.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	viii
ABSTRACT.....	xiii
INTRODUÇÃO.....	1
CAPÍTULO I - Diversidade Nutricional de Subprodutos Agrícolas e Agroindustriais	4
Resumo	4
Abstract.....	5
Introdução	6
Material e Métodos	7
Resultados.....	11
Discussão	20
Conclusões.....	28
Literatura Citada	29
CAPÍTULO II - Consumo, Digestibilidade Total, Produção de Proteína Microbiana e Balanço de Nitrogênio em Dietas com Subprodutos de Frutas para Alimentação de Ruminantes	34
Resumo	34
Abstract.....	35
Introdução	36
Material e Métodos	37
Resultados e Discussão.....	44

Conclusões	55
Literatura Citada	56
CAPÍTULO III - Consumo, Digestibilidade Total, Produção de Proteína Microbiana e Balanço de Nitrogênio em Dietas com Subprodutos Agrícolas e Agroindustriais para Alimentação de Ruminantes	59
Resumo	59
Abstract.....	60
Introdução	61
Material e Métodos	63
Resultados e Discussão	70
Conclusões	80
Literatura Citada	80
CAPÍTULO IV - Predição de Frações Digestíveis e Valor Energético de Subprodutos Agrícolas e Agroindustriais para Bovinos	83
Resumo	83
Abstract.....	84
Introdução	85
Material e Métodos	86
Resultados e Discussão	92
Conclusões	106
Referências Bibliográficas.....	106
CAPÍTULO V - Cinética da Degradação <i>in situ</i>, <i>in vitro</i> e Predição da Fibra em Detergente Neutro Digestível de Subprodutos Agrícolas e Agroindustriais.....	110
Resumo	110
Abstract.....	111
Introdução	112
Material e Métodos	114
Resultados e Discussão	122
Conclusões	131
Literatura Citada	132
CONCLUSÕES	135

RESUMO

AZEVÊDO, José Augusto Gomes, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, Fevereiro de 2009. **Avaliação de subprodutos agrícolas e agroindustriais na alimentação de bovinos.** Orientador: Sebastião de Campos Valadares Filho. Co-orientadoras: Edenio Detmann e Rilene Ferreira Diniz Valadares.

Este trabalho avaliou o aproveitamento de subprodutos agrícolas e agroindustriais para alimentação de bovinos e foi conduzido em cinco experimentos. No **experimento I**, 57 subprodutos agrícolas e agro-industriais coletados de diferentes regiões do Brasil foram utilizados para determinar a composição química, digestibilidade *in vitro* da fibra em detergente neutro (DIVFDN) e nutrientes digestíveis totais (NDT) com o objetivo de agrupar os subprodutos com características nutricionais semelhantes. No primeiro agrupamento, os subprodutos pertencentes ao grupo 1 (G1) apresentaram menor DIVFDN, além do menor teor de NDT, com valores de 42,5% e 38,8%, respectivamente. Um novo agrupamento foi realizado utilizando as seguintes variáveis discriminatórias: proteína bruta disponível (PBD), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e compostos nitrogenados (FDNcp), lignina (LIG), carboidratos não-fibrosos (CNF), DIVFDN e NDT. No intuito de melhor caracterizar os subprodutos do G2, seis subgrupos (SG) foram estabelecidos (SG1 para SG6). Os subprodutos do SG1 tiveram os maiores e os menores valores de LIG (13,1% na MS) e NDT (54,5%), respectivamente. Os subprodutos do SG2 tiveram o maior valor de FDNcp (49,7% na MS), com valor de NDT e DIVFDN superior a 60 e 70%, respectivamente, e de PB inferiores a 20% de MS. Dentre todos os subgrupos, os do SG3 tiveram os maiores valores de NDT (77,2%) e DIVFDN (93,4%) e o menor valor de LIG (2,3% na MS). Entre as variáveis discriminatórias analisadas, o EE foi a que

mais influenciou no estabelecimento hierárquico de agrupamento em SG4 (19,0% de EE na MS). Os subprodutos do SG5 tinham maior concentração de CNF (70,7% na MS). Diferente dos demais subgrupos, os subprodutos do SG6 tinham o valor mais elevado da PBD (16,5% na MS). Os subprodutos pertencentes ao G1 apresentam características limitantes para uso na alimentação animal; os subprodutos pertencentes ao subgrupo SG1 devem ser, preferencialmente, utilizados como substitutos parciais de volumosos; os subprodutos dos subgrupos SG2, SG3, SG4 e SG5 devem ser utilizados como substitutos parciais de concentrados energéticos e os subprodutos do SG6 como substitutos parciais de concentrados protéicos. No **experimento II** objetivou-se avaliar os efeitos da inclusão da fonte (abacaxi, goiaba, mamão, manga e maracujá) e do nível (10 e 30%) de subprodutos de frutas *in natura*, na dieta de bovinos, em substituição parcial à silagem de milho sobre os consumos e as digestibilidades totais dos nutrientes, produção de proteína microbiana e balanço de nitrogênio, além da predição das frações digestíveis e nutrientes digestíveis totais destes subprodutos. Todos os animais receberam silagem de milho e foi utilizada a mistura uréia/sulfato de amônio (9:1) para que as rações se mantivessem isoprotéicas. Os consumos de matéria seca (MS) (kg/dia), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN) e nutrientes digestíveis totais (NDT), além da digestibilidade da PB, extrato etéreo (EE) e carboidratos não fibrosos (CNF) foram afetados ($P<0,05$) pela fonte do subproduto. Houve efeito ($P<0,05$) para o nível de inclusão dos subprodutos na digestibilidade da PB e EE. Os subprodutos de mamão, manga e abacaxi apresentaram valor energético 23,1; 18,0 e 7,1%, respectivamente, superior à silagem de milho. A fonte do subproduto influenciou ($P<0,05$) nas excreções urinárias de derivados de purinas totais, purinas absorvidas e nitrogênio microbiano, além da ingestão (g/dia), a excreção nas fezes e na urina (g/dia) dos compostos nitrogenados e o balanço de nitrogênio (g/dia). O nível de inclusão do subproduto na dieta afetou ($P<0,05$) as excreções urinárias de derivados de purinas totais, purinas absorvidas e nitrogênio microbiano. Os subprodutos de abacaxi sem coroa, mamão e manga têm valor energético superior à silagem de milho e podem substituir parcialmente concentrados energéticos nas dietas de ruminantes, sem prejuízos sobre o consumo, digestibilidade, eficiência microbiana e retenção de nitrogênio. O subproduto de maracujá tem potencial para substituir, parcialmente, volumosos nas dietas de ruminantes, desde que respeitado os níveis de EE. O subproduto de goiaba apresenta limitações para uso em dietas de ruminantes. No **experimento III** objetivou-se avaliar os efeitos da inclusão da fonte (cacau, mandioca

casca, mandioca caule e farelo de glúten de milho) e do nível (10 e 30%) de subprodutos agrícolas e agroindustriais, na dieta, em substituição parcial à silagem de milho sobre os consumos e as digestibilidades totais dos nutrientes, produção de proteína microbiana e o balanço de nitrogênio, além da predição das frações digestíveis e nutrientes digestíveis totais destes subprodutos. Todos os animais receberam silagem de milho e foi utilizada a mistura uréia/sulfato de amônio (9:1) para que as rações se mantivessem isoprotéicas. Os consumos de matéria seca (MS) (em g/kg PV e g/kg PV^{0,75}) e de fibra em detergente neutro (FDN) (em g/kg PV) foram afetados (P<0,05) pela fonte de subproduto. A fonte de subproduto afetou (P<0,05) a digestibilidade do extrato etéreo (EE) e carboidratos não fibrosos (CNF). O subproduto farelo de glúten de milho apresentou valor energético 17% superior à silagem de milho, enquanto, mandioca casca, mandioca caule e cacau apresentaram valor energético 10, 19 e 38% inferior ao valor observado para silagem de milho. A fonte e o nível de subproduto não afetaram as excreções urinárias de derivados de purinas totais, purinas absorvidas, nitrogênio microbiano e eficiência microbiana. A fonte do subproduto afetou (P<0,05) a ingestão (g/kg PV^{0,75}), a excreção nas fezes (g/kg PV^{0,75}) e na urina (g/kg PV^{0,75} e g/dia) dos compostos nitrogenados e o balanço de nitrogênio (g/kg CMS). O farelo de glúten de milho e a mandioca casca são subprodutos com potencial para substituir, parcialmente, os concentrados energéticos, sem prejuízos sobre o consumo, digestibilidade, eficiência microbiana e retenção de nitrogênio. O subproduto de mandioca caule tem potencial para substituir, parcialmente, volumosos nas dietas de ruminantes. O subproduto de cacau apresenta limitações para uso em dietas de ruminantes. No **experimento IV** objetivou-se avaliar a acurácia das equações adotadas pelo NRC e Detmann, para estimar o conteúdo energético de subprodutos agrícolas e agroindustriais. Foram avaliados os subprodutos de abacaxi, cacau, dendê, feijão, girassol, goiaba, mandioca casca, mandioca haste, mandioca rama, mamão, manga, maracujá, nabo e farelo de glúten de milho. Todos os animais receberam silagem de milho e foi utilizada a mistura uréia/sulfato de amônio (9:1) para que as rações com os dois níveis de cada subproduto, se mantivessem isoprotéicas. Entre os modelos de predição para proteína bruta digestível (PBad), o modelo Detmann 2 apresentou diferença (P<0,05) pelo teste de hipótese para nulidade conjunta, enquanto as estimativas pelos modelos NRC e Detmann 1 foram similares às obtidas pelas observações *in vivo* (P>0,05). Para extrato etéreo digestível (EEad), carboidratos não fibrosos digestíveis (CNFad) e fibra em detergente neutro digestível (FDNd) observou-

se que o modelo proposto pelo NRC, diferiu ($P < 0,05$), pelo teste de significância da hipótese de nulidade conjuntas, existindo melhor ajustamento para o modelo sugerido por Detmann, tendo como consequência, o valor $P > 0,05$. No entanto, entre todas as frações digestíveis, a FDNd, foi a que apresentou maior dispersão dos pontos em relação a linha de igualdade. Os modelos do NRC e Detmann podem ser considerados eficientes em prever nutrientes digestíveis totais (NDT) e energia digestível (ED), pois as estimativas não diferiram ($P > 0,05$) dos valores observados, contudo também, apresentaram grande dispersão dos pontos em relação a linha de igualdade. Recomenda-se usar os modelos propostos por Detmann para prever as frações digestíveis da PB, EE e dos CNF em subprodutos agrícolas e agroindustriais. Há necessidade de mais pesquisas para o desenvolvimento de modelos mais adequados para estimar a fração digestível da FDN, já que esta foi a principal limitante para estimativas precisas e acuradas do valor energético de subprodutos agrícolas e agroindustriais. No **experimento V** objetivou-se avaliar a cinética de degradação *in situ*, a cinética de produção de gases *in vitro* e prever a fibra em detergente neutro digestível (FDNd), a partir dos tempos de incubação, dos parâmetros da cinética de degradação *in situ* e *in vitro*, e de equações ajustadas para subprodutos agrícolas e agroindustriais. Foram avaliados os subprodutos de abacaxi, cacau, dendê, farelo de glúten de milho, feijão, girassol, goiaba, mandioca casca, mandioca haste, mandioca rama, mamão, manga, maracujá e nabo. Existiram diferenças ($P < 0,05$) entre os subprodutos na fração potencialmente degradável (B) da FDN e na taxa de degradação da FDN *in situ* e no volume final dos gases gerados pelos carboidratos fibrosos (VF_{CF}). Existiram diferenças ($P < 0,05$) entre os subprodutos para o período de latência e para a taxa fracional de degradação dos CF *in vitro*. Existiu equivalência ($P > 0,05$) entre os valores preditos *in situ* e os observados *in vivo* de FDNd, no entanto, existiu pouca precisão das estimativas. A degradabilidade nos tempos de incubação *in vitro* de 30 e 48 horas apresentou equivalência com os valores observados, mas também, não apresentou precisão nas estimativas. As equações ajustadas sem lignina não foram precisas e acuradas para estimar a FDNd de subprodutos agrícolas e agroindustriais. A equação com lignina e com taxa de digestão obtidas pelo método *in vitro* apresentou estimativas mais precisas. Os subprodutos feijão, mandioca casca e mamão apresentam maior disponibilidade da FDN, enquanto o de goiaba é o de menor disponibilidade da FDN. A fração digestível da FDN pode ser predita pela digestibilidade *in vitro* da FDN em 30 ou 48 horas de incubação e pelas degradações da FDN obtidas *in situ* durante 24, 48 ou 72

horas de incubação. Contudo, a melhor predição parece ser obtida com o tempo de incubação *in situ* de 72 horas. A equação ajustada utilizando as taxas de digestão *in vitro* ou *in situ*, permite prever a disponibilidade da FDN de subprodutos agrícolas e agroindustriais.

ABSTRACT

AZEVÊDO, José Augusto Gomes, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, February 2009. **Evaluation of agricultural and agro-industrial by-products for feed for cattle.** Adviser: Sebastião de Campos Valadares Filho. Co-advisers: Edenio Detmann and Rilene Ferreira Diniz Valadares.

This study evaluated the use of agricultural and agroindustrial by-products for feeding to cattle and was conducted in five experiments. In **experiment I**, 57 agricultural and agro-industrial by-products collected from different regions of Brazil were used to determine the chemical composition, in vitro digestibility of neutral detergent fiber (IVNDFD) and total digestible nutrients (TDN) in order to group the products with similar nutritional characteristics. In the first cluster, by-products belonging to Group 1 (G1) showed lower IVNDFD, lower than the TDN content, with values of 42.5% and 38.8% respectively. A new grouping was performed using the following variables discriminatory: available crude protein (ACP), ether extract (EE), neutral detergent fiber free to ash and nitrogen compounds (NDFap), lignin (LIG), non-fibrous carbohydrates (NFC) , IVNDFD and TDN. In order to better characterize the by-products of G2, six subgroups (SG) were established (SG1 to SG6). The by-products of SG1 had the highest and lowest values of LIG (13.1% in DM) and TDN (54.5%), respectively. The by-products of SG2 had the highest value of NDFap (49.7% in DM), with values of NDT and IVNDFD greater than 60 and 70% respectively, and CP less than 20% of DM. Among all subgroups, those of SG3 had the highest values of TDN (77.2%) and IVNDFD (93.4%) and the lowest value of LIG (2.3% in DM). Amongst the discriminatory variables analyzed, the EE most influence in hierarchical establishing clustering in SG4 (19.0% of DM in EE). The SG5 by-products had the highest concentration of NFC (70.7% in DM). Different from the other subgroups, the SG6 by-

products had the highest value of ACP (16.5% in DM). The by-products belonging to the G1 have specific limitations for use in animal feeding, SG1 by-products should be, preferably, used as a partial roughage substitutes, that SG2, SG3, SG4 and SG5 by-products should be used as a partial concentrated energy substitutes and SG6 by-products should be used as partial protein concentrates substitutes. In **experiment II** aimed to evaluate the effects of inclusion of the source (pineapple, guava, papaya, mango and passion fruit) and the level (10 and 30%) of by-products of fruit in natura, in the diet of cattle, replacing part of corn silage on intake and total digestibility of nutrients, microbial protein production and the nitrogen balance, in addition to the prediction of digestible fractions and total digestible nutrients of these products. All animals received corn silage and the mixture was used urea / ammonium sulfate (9:1) for the remaining isonitrogenous diets. The intakes of dry matter (DM) (kg / day), organic matter (OM), crude protein (CP), neutral detergent fiber (NDF) and total digestible nutrients (TDN), and the digestibility of CP, non-fibrous carbohydrates (NFC) and ether extract (EE) were affected ($P < 0.05$) by the source of the by-product. There was an effect ($P < 0.05$) for the level of inclusion of products in the digestibility of CP and EE. The byproducts of papaya, mango and pineapple showed energy 23.1, 18.0 and 7.1% respectively, higher than the corn silage. The source of the by-product influenced ($P < 0.05$) in urinary excretion of derived from total purine, purine absorbed and microbial nitrogen, in addition to the intake (g/day), the excretion in feces and urine (g/day) of nitrogen compounds and nitrogen balance (g/day). The level of inclusion of the by-product in the diet affect ($P < 0.05$) the urinary excretion of derived from total purine, purine absorbed and microbial nitrogen. The by-products of pineapple without crown, papaya and mango are higher than the energy value of corn silage and can partially replace energy concentrates in the diets of ruminants, with no damage on the intake, digestibility, microbial efficiency and nitrogen retention. The by-product of passion has the potential to partial roughage substitutes in the diets of ruminants, provided that observed levels of EE. The by-product of guava has limitations for use in diets of ruminants. In **experiment III** aimed to evaluate the effects of inclusion of the source (cocoa, shell cassava, stalk cassava and corn gluten feed) and level (10 and 30%) of agricultural and agro-industrial by-products, diet, replacing part of corn silage on the intake and total digestibility of nutrients, microbial protein production and the nitrogen balance, in addition to the prediction of digestible fractions and total digestible nutrients of these by-products. All animals received corn silage and the mixture was used urea /

ammonium sulfate (9:1) for the remaining isonitrogenous diets. The intakes of dry matter (DM) (in g/kg PV g/kg PV^{0,75}) and neutral detergent fiber (NDF) (in g/kg PV) were affected (P <0.05) by source of by-product. The source of by-product affect (P <0.05) the digestibility of ether extract (EE) and non-fibrous carbohydrates (CNF). The by-product corn gluten feed showed energy 17% higher than the corn silage, while shell cassava, cocoa and stalk cassava showed energy 10, 19 and 38% lower than the observed value for corn silage. The source and the level of by-product did not affect the urinary excretion of derived from total purine, purine absorbed, microbial nitrogen and microbial efficiency. The source of the affected product (P <0.05) at intake (g/kg PV^{0,75}), the excretion in feces (g/kg PV^{0,75}) and urine (g/kg PV^{0,75}, g/day) of nitrogen compounds and nitrogen balance (g/kg DMI). The corn gluten meal and cassava peel are products with the potential to replace, in part, the concentrated energy, without damage on the intake, digestibility, microbial efficiency and nitrogen retention. The by-product of cassava stem has the potential to partial roughage substitutes in the diets of ruminants. The by-product of cocoa has limitations for use in diets of ruminants. In **experiment VI** aimed to assess the accuracy of the equations adopted by the NRC and Detmann, to estimate the energy content of agricultural and agroindustrial by-products. We evaluated the by-products of pineapple, cocoa, palm oil, beans, sunflower, guava, cassava bark, cassava stem, raw cassava, papaya, mango, passion fruit, turnip and corn gluten meal. All animals received corn silage and the mixture was used urea / ammonium sulfate (9:1) for the diets with two levels of each product, remained isonitrogenous. Among the models for prediction of digestible crude protein (CPad), the model presented Detmann 2 difference (P <0.05) by the test of null hypothesis for joint, while estimates by the models and NRC Detmann 1 were similar to those obtained by the observations in vivo (P>0.05). For digestible ether extract (EEad), non-fibrous carbohydrates digestible (NFCad) and neutral detergent fiber digestible (NDFd) observed that the model proposed by the NRC, differed (P <0.05), the significance test of the hypothesis of invalidity joint, with better adjustment to the model suggested by Detmann, with the result, the value P>0.05. However, among all the digestible fractions, the NDFd, presented the greater dispersion of points on the line of equal. The models of the NRC and Detmann may be effective in predicting total digestible nutrients (TDN) and digestible energy (DE), poi estimates did not differ (P> 0.05) of observed values, but also showed great dispersion of points in the line of equal respect. It is recommended to use the models proposed by Detmann to predict the digestible fractions

of CP, EE and NFC in agricultural and agroindustrial by-products. There is a need for more research to develop more appropriate models to estimate the digestible fraction of NDF, as this was the main limitation for precise and accurate estimates of the energy value of agricultural and agroindustrial by-products. In **experiment V** aimed to evaluate the kinetics of degradation in situ, the kinetics of gas production in vitro and predicting the digestible neutral detergent fiber (NDFd) from the time of incubation, the parameters of kinetics of degradation in situ and in vitro, and adjusted equations for agricultural and agribusiness by-products. We evaluated the products of pineapple, cocoa, palm oil, corn gluten feed, beans, sunflower seeds, guava, cassava peel, cassava stem, raw cassava, papaya, mango, passion fruit and turnip. There were differences ($P < 0.05$) between products in potentially degradable fraction (B) of the NDF and the rate of degradation of NDF in situ and in the final volume of gases generated by fibrous carbohydrates (VFCF). There were differences ($P < 0.05$) between by-products for the period of latency and the fractional rate of degradation of CF in vitro. There equivalence ($P > 0.05$) between the values predicted in situ and observed in vivo in NDFd, however, there is little precision of estimates. The degradation in the time of incubation in vitro, 30 and 48 hours were equivalent to the observed values, but showed no accuracy in the estimation. The adjusted equations without lignin were not precise and accurate to estimate NDFd of agricultural and agroindustrial by-products. The equation with lignin and rate of digestion obtained by in vitro method showed more accurate estimates. The by-products beans, cassava and papaya peel have a higher availability of the NDF, while the guava is to lower availability of the NDF. The digestible fraction of NDF can be predicted by in vitro digestibility of NDF at 30 or 48 hours of incubation and the degradation of NDF obtained in situ for 24, 48 or 72 hours of incubation. However, the prediction seems to be best achieved by the time of incubation in situ for 72 hours. The equation set using the rates of digestion in vitro or in situ, can predict the availability of the NDF of agricultural and agroindustrial by-products.

INTRODUÇÃO

O Brasil vem se consolidando como um grande exportador mundial de produtos agropecuários, os quais são os principais responsáveis pelo superávit da balança comercial brasileira.

O aumento da produção agrícola vem permitindo o crescimento de todo agronegócio brasileiro, no entanto, cada elo da cadeia produtiva tem se especializado em área específica de tal forma que durante a produção, produtos secundários (subprodutos) gerados durante as atividades, não são aproveitados.

Estes subprodutos apresentam potencial para uso na alimentação dos animais ruminantes, visto que estes animais possuem capacidade digestiva peculiar, podendo gerar a partir de alimentos não-comestíveis para o homem, produtos de alto valor nutricional como carne e leite.

Contudo, estes subprodutos apresentam grande diversidade nutricional em função da matéria-prima original, da extração de componentes químicos pela indústria, entre outros, além da variabilidade sazonal.

Para que os subprodutos sejam utilizados corretamente na alimentação dos ruminantes é preciso conhecer sua composição química, a disponibilidade de seus

constituintes químicos, dos metabólicos gerados no trato gastrointestinal e também, da capacidade de consumo pelos animais.

Todos estes fatores tendem a intervir no valor energético dos subprodutos. Na impossibilidade de quantificar em todas estas etapas, o uso de equações preditoras do valor energético possibilita a elaboração de rações mais equilibradas para atender as exigências dos animais.

Entre os principais entraves na predição do valor energético de subprodutos agrícolas e agroindustriais, a predição da fração fibrosa digestiva é considerada a mais limitante. Isto porque, de acordo com a concentração desta fração na dieta, a capacidade de consumo de matéria seca pode ser limitada, sendo influenciada pelas taxas de degradação e passagem desta fração pelo trato gastrointestinal. Além disso, o consumo estando limitado impede que as necessidades nutricionais dos animais sejam atendidas na sua plenitude, influenciando na produção animal.

Diante do exposto, desenvolveu-se este trabalho em cinco experimentos cujos objetivos foram:

- **Experimento I:** estimar a composição química e a digestibilidade *in vitro* da fibra em detergente neutro de subprodutos agrícolas e agroindustriais;

- **Experimento II e III:** avaliar os efeitos da inclusão da fonte e do nível de subprodutos na dieta em substituição parcial à silagem de milho, sobre os consumos e as digestibilidades totais dos nutrientes, produção de proteína microbiana e balanço de nitrogênio, além da predição das frações digestíveis e nutrientes digestíveis totais destes subprodutos;

- **Experimento IV:** avaliar a acurácia das equações adotadas pelo NRC (2001) e Detmann, para estimar o conteúdo energético de subprodutos agrícolas e agroindustriais;

- **experimento V**: avaliar a cinética de degradação *in situ*, a cinética de produção de gases *in vitro* e prever a fibra em detergente neutro digestível, a partir dos tempos de incubação, dos parâmetros da cinética de degradação *in situ* e *in vitro*, e de equações ajustadas para subprodutos agrícolas e agroindustriais.

Os capítulos desta tese, relativos a cada experimento, estão descritos em forma de artigo técnico-científico, elaborados conforme normas da Revista Brasileira de Zootecnia.

Diversidade nutricional de subprodutos agrícolas e agroindustriais

RESUMO - Cinquenta e sete subprodutos agrícolas e agroindustriais coletados de diferentes regiões do Brasil foram utilizados para determinar a composição química, digestibilidade *in vitro* da fibra em detergente neutro (DIVFDN) e nutrientes digestíveis totais (NDT) com o objetivo de agrupar os subprodutos com características nutricionais semelhantes. No primeiro agrupamento, os subprodutos pertencentes ao grupo 1 (G1) apresentaram menor DIVFDN, além do menor teor de NDT, com valores de 42,5% e 38,8%, respectivamente. Um novo agrupamento foi realizado utilizando as seguintes variáveis discriminatórias: proteína bruta disponível (PBD), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e compostos nitrogenados (FDNcp), lignina (LIG), carboidratos não-fibrosos (CNF), DIVFDN e NDT. No intuito de melhor caracterizar os subprodutos do G2, seis subgrupos (SG) foram estabelecidos (SG1 para SG6). Os subprodutos do SG1 tiveram os maiores valores de LIG (13,1% na MS) e os menores de NDT (54,5%). Os subprodutos do SG2 tiveram o maior valor de FDNcp (49,7% na MS), com valor de NDT e DIVFDN superior a 60 e 70%, respectivamente, e de PB inferiores a 20% de MS. Dentre todos os subgrupos, os do SG3 tiveram os maiores valores de NDT (77,2%) e DIVFDN (93,4%) e o menor valor de LIG (2,3% na MS). Entre as variáveis discriminatórias analisadas, o EE foi a que mais influenciou no estabelecimento hierárquico de agrupamento em SG4 (19,0% de EE na MS). Os subprodutos do SG5 tinham maior concentração de CNF (70,7% na MS). Diferente dos demais subgrupos, os subprodutos do SG6 tinham o valor mais elevado da PBD (16,5% na MS). Os subprodutos pertencentes ao G1 apresentam características limitantes para uso na alimentação animal; os subprodutos pertencentes ao subgrupo SG1 devem ser, preferencialmente, utilizados como substitutos parciais de volumosos; os subprodutos dos subgrupos SG2, SG3, SG4 e SG5 devem ser utilizados como substitutos parciais de concentrados energéticos e os subprodutos do SG6 como substitutos parciais de concentrados protéicos.

PALAVRAS-CHAVE: alimentos alternativos, perdas, subprodutos, valor nutritivo

Nutritional diversity of agricultural and agro-industrial by-products

ABSTRACT - Fifty-seven agricultural and agro-industrial by-products collected from different regions of Brazil were used to determine the chemical composition, in vitro of neutral detergent fiber digestibility (IVNDFD) and total digestible nutrients (TDN) were determined with the aim of grouping by-products with similar nutritional characteristics. In the first cluster, by-products belonging to Group 1 (G1) showed lower IVNDFD, lower than the TDN content, with values of 42.5% and 38.8% respectively. A new grouping was performed using the following variables discriminatory: available crude protein (ACP), ether extract (EE), neutral detergent fiber free to ash and nitrogen compounds (NDFap), lignin (LIG), non-fibrous carbohydrates (NFC) , IVNDFD and TDN. In order to better characterize the by-products of G2, six subgroups (SG) were established (SG1 to SG6). The by-products of SG1 had the highest and lowest values of LIG (13.1% in DM) and TDN (54.5%), respectively. The by-products of SG2 had the highest value of NDFap (49.7% in DM), with values of NDT and IVNDFD greater than 60 and 70% respectively, and CP less than 20% of DM. Among all subgroups, those of SG3 had the highest values of TDN (77.2%) and IVNDFD (93.4%) and the lowest value of LIG (2.3% in DM). Amongst the discriminatory variables analyzed, the EE most influence in hierarchical establishing clustering in SG4 (19.0% of DM in EE). The SG5 by-products had the highest concentration of NFC (70.7% in DM). Different from the other subgroups, the SG6 by-products had the highest value of ACP (16.5% in DM). The by-products belonging to the G1 have specific limitations for use in animal feeding, SG1 by-products should be, preferably, used as a partial roughage substitutes, that SG2, SG3, SG4 and SG5 by-products should be used as a partial concentrated energy substitutes and SG6 by-products should be used as partial protein concentrates substitutes.

KEY WORDS: alternative feed, energy concentrate, nutritive value, residues, waste

1. Introdução

Com a safra recorde atingindo 131,5 milhões de toneladas de grãos, apurado pela Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil e pelo Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada da Universidade de São Paulo, o agronegócio brasileiro, em 2007, gerou ao produto interno bruto faturamento aproximado de US\$ 359,9 bilhões (Cieglinski, 2008).

Apesar de todo otimismo com o crescimento do agronegócio brasileiro e sua importância para economia do Brasil, existe uma preocupação com a quantidade e a diversidade de subprodutos agrícolas e agroindustriais que estão sendo gerados, já que o volume destes subprodutos é proporcional ao crescimento do agronegócio.

Grandes quantidades de subprodutos agrícolas e agroindustriais existem em todo o mundo e apesar da diferença existente entre os números das pesquisas e das estimativas, decorrente da diversidade de metodologias empregadas, a magnitude das perdas verificadas é de grande relevância, levando-se em consideração que cerca de 9,6 milhões de famílias vivem em situação de insegurança alimentar no Brasil. Uma destas estimativas brasileiras, com base em dados da safra 2002/2003, aponta desperdício de 32 milhões de toneladas da produção ao consumidor final, ou seja, aproximadamente, 150 g/kg do total produzido, somando-se grãos, frutas, hortaliças e produtos de origem animal (CNPq, 2005).

Além disto, estes subprodutos não são apenas recursos naturais perdidos, pois quando armazenados em locais inadequados, têm representado sério problema de contaminação ambiental, principalmente dos recursos hídricos e do solo.

Os ruminantes têm valioso papel nos sistemas agrícolas sustentáveis, pois, são capazes de converter recursos naturais renováveis, como subprodutos agrícolas e agroindustriais, em alimentos de alta qualidade ao homem (Oltjen e Beckett, 1996).

Neste contexto, a busca por informações sobre a qualidade e a viabilidade do uso de subprodutos agrícolas e das agroindústrias tem aumentado em todo mundo. Porém, devido à escassez de dados, particularmente no que diz respeito ao seu valor nutricional, objetivou-se estimar a composição química, a digestibilidade *in vitro* da fibra em detergente neutro, e valor energético de subprodutos agrícolas e agroindustriais.

2. Material e Métodos

2.1 – Local e subprodutos utilizados

O trabalho foi conduzido no Departamento de Zootecnia, do Centro de Ciências Agrárias, da Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa, Minas Gerais. Foram coletadas amostras de 57 subprodutos, de diferentes regiões do Brasil (Tabela 1).

2.2 - Determinação da Composição química

Todos os subprodutos coletados foram submetidos à pré-secagem a 60 °C durante 72 horas e moídos em moinho de facas com peneira de porosidade de 1 mm de diâmetro, para posteriores análises do conteúdo de matéria seca (MS) (ID 934.01), proteína bruta (PB) (ID 984.13), matéria orgânica (MO) (ID 942.05), extrato etéreo (EE) (ID 920.39) e fibra em detergente ácido (FDA) (ID 973.18), conforme os métodos do AOAC (1990).

Nas análises de fibra em detergente neutro (FDN) as amostras foram tratadas com alfa-amilase termo-estável, sem o uso de sulfito de sódio e corrigido para cinzas residuais (Mertens, 1992). A correção da FDN e FDA para os compostos nitrogenados e a estimativa dos conteúdos de compostos nitrogenados insolúveis nos detergentes neutro (NIDN) e ácido (NIDA) foram feitos conforme Licitra et al. (1996).

Tabela 1. Nome científico e tipo de subproduto utilizado para caracterização da composição química e digestibilidade *in vitro*

Produto	Nome científico	Tipo de subproduto
Abacaxi	<i>Ananas comosus</i>	Coroa, casca e subproduto de fábrica de suco
Abóbora	<i>Cucúrbita moschata</i>	Subproduto processamento mínimo
Acerola	<i>Malpighia glabra</i>	Subproduto de fábrica de suco
Algodão	<i>Gossypium hirsutum</i>	Caroço e torta
Arroz	<i>Oryza sativa</i>	Casca
Cacau	<i>Theobroma cacao</i>	Casquinha da semente; Farelo
Café	<i>Coffea arábica</i>	Casca e pergaminho
Cenoura	<i>Daucus carota</i>	Subproduto processamento mínimo
Cevada	<i>Hordeum vulgare</i>	Subproduto de cervejaria
Couve	<i>Brassica oleracea</i>	Subproduto processamento mínimo
Dendê	<i>Elaeis guineensis</i>	Torta
Feijão	<i>Phaseolus vulgaris</i>	Bandinha
Girassol	<i>Helianthus annuus</i>	Subproduto biodisel
Goiaba	<i>Psidium guajava</i>	Subproduto de fábrica de suco
Graviola	<i>Anona muricata</i>	Subproduto de fábrica de suco
Jaca	<i>Artocarpus heterophyllus</i>	Fruta; silagem
Jenipapo	<i>Genipa americana</i>	Subproduto de fábrica de suco
Laranja	<i>Citrus sinensis</i>	Polpa cítrica peletizada
Mamão	<i>Carica papaya</i>	Subproduto de fábrica de suco
Mamona	<i>Ricinus communis</i>	Farelo detoxicado e torta gorda
Mandioca	<i>Manihot esculenta</i>	Subprodutos folha, casca, haste da mandioca
Manga	<i>Mangifera indica</i>	Casca; semente e subproduto de fábrica de suco
Maracujá	<i>Passiflora ligularis</i>	Subproduto de fábrica de suco
Milheto	<i>Pennisetum americanum</i>	Grão
Milho	<i>Zea mays</i>	Farelo proteinoso
Nabo forrageiro	<i>Raphanus sativus</i>	Subproduto do biodiesel
Ouricuri	<i>Syagrus coronata</i>	Farelo
Pupunha	<i>Bactris gasipaes</i>	Entrecasca da extração do palmito
Repolho	<i>Brassica oleracea</i>	Subproduto processamento mínimo
Soja	<i>Glycine Max</i>	Casca do grão da soja
Tamarindo	<i>Tamarindus indica</i>	Subproduto de fábrica de suco
Trigo	<i>Triticum vulgare</i>	Panificação – biscoito
Uva	<i>Vitis vinifera</i>	Subproduto de fábrica de vinho

Os conteúdos de lignina foram obtidos por meio da solubilização da celulose pelo ácido sulfúrico (Van Soest e Robertson, 1985).

Os conteúdos de carboidratos não-fibrosos (CNF) dos subprodutos, expressos em % na MS, foram calculados de acordo com Hall (2000) como $100 - (\%FDN + \%PB + \%EE + \%MM)$.

2.3 -Digestibilidade in vitro da FDN

Para as incubações foram utilizados frascos de vidro de acordo com procedimento descrito por Schofield et al. (1994). Nos frascos de vidro com capacidade de 50 mL, previamente lavados com água destilada, secos em estufa, foram colocadas, aproximadamente, 200 mg de substrato.

A solução tampão, descrita por Menke e Steingass (1988), foi preparada e aquecida a 39°C, sob gaseificação contínua por CO₂.

Para inoculação foi utilizado líquido ruminal retirado de bovino macho castrado, fistulado no rúmen, alimentado com dieta contendo 70% de volumoso e 30% de concentrado.

O líquido ruminal foi coletado manualmente pela manhã, antes do fornecimento da dieta e armazenado em garrafas térmicas previamente aquecidas (39°C) e imediatamente levado para o laboratório. Em sala climatizada do laboratório a 39°C, o líquido ruminal foi filtrado, passando por duas camadas de gazes de algodão. Posteriormente, foi adicionada ao líquido de rúmen a solução tampão (1:2 v/v), sob injeção contínua de CO₂.

Foram utilizados três frascos por subproduto, aos quais foram adicionados 30 mL do líquido ruminal tamponado ao substrato, sendo vedados imediatamente com rolhas de borracha e selados com anilhas de alumínio visando garantir a completa manutenção dos gases em seu interior.

Após 48 horas de incubação, os frascos foram removidos da sala climatizada e levados para geladeira a 4°C, para cessar o processo fermentativo. Posteriormente, foram adicionados, em cada frasco, 30 mL de solução de detergente neutro (Mertens, 2002) e, em seguida, levados para serem autoclavados, durante 60 minutos, a 105°C, segundo técnica proposta por Pell e Schofield (1993). Em seguida, os conteúdos de cada frasco de vidro foram filtrados em cadinho filtrante de porosidade grossa, lavados com água destilada quente e acetona e secos em estufa a 105°C por 16 horas.

2.4 - Estimação do NDT

A partir da composição química dos alimentos avaliados foram estimados os valores de NDT para manutenção, conforme as equações recomendadas pelo NRC (2001), que estimam os teores de proteína bruta digestível (PBd), ácidos graxos digestíveis (AGd), fibra em detergente neutro livre de proteínas digestível (FDNpd) e carboidratos não fibrosos digestíveis (CNFd):

$$\text{- PBd} = \text{PB} \times [1 - (0,4 \times \text{PIDA}/\text{PB})];$$

$$\text{- AGd} = (\text{EE} - 1) \times 100;$$

$$\text{- CNFd} = 0,98 \times \text{CNF};$$

$$\text{- FDNcpd} = 0,75 (\text{FDNcp} - \text{L}) \times [1 - (\text{L}/\text{FDNcp})^{0,667}], \text{ em que L = lignina};$$

$$\text{- NDT} = \text{PBd} + 2,25 \times \text{EEd} + \text{CNFd} + \text{FDNcpd} - 7$$

2.5 - Análises Estatísticas

Na realização do agrupamento foram utilizadas as variáveis discriminatórias: digestibilidade *in vitro* da FDN em 48 horas (DIVFDN) e nutrientes digestíveis totais (NDT) estimados com base no NRC (2001), para inicialmente separar os subprodutos de melhor valor nutricional.

A divergência do valor nutricional baseado em variáveis discriminatórias entre os grupos foi estimada por meio de análise de agrupamento (Johnson e Wichern, 1988), utilizando-se a distância euclidiana média com variáveis padronizadas e o método de variância mínima. Todas as análises estatísticas foram realizadas usando o programa SAS (*Statistical Analysis System, 2000*).

3. Resultados

3.1 - Agrupamento com formação do grupo 1 e grupo 2

Com base na transformação das variáveis discriminatórias (DIVFDN e NDT), considerou-se que o novo conjunto de variáveis estabeleceu níveis de hierarquia, agrupando os 57 subprodutos em dois grupos, de forma que existiu homogeneidade dentro dos grupos e heterogeneidade entre grupos, com base na dissimilaridade expressa pela distância euclidiana média.

Encontram-se na Tabela 2, a estatística descritiva para DIVFDN e NDT, além da distribuição dos 57 subprodutos agrícolas ou agroindustriais. Apesar da maior heterogeneidade para a variável DIVFDN dentro do grupo 1, representada pelo maior coeficiente de variação (45,7%), para o teor de NDT o coeficiente de variação foi inferior a 16%, evidenciando a eficácia do agrupamento obtido com as variáveis discriminatórias (DIVFDN e NDT).

Observa-se que em média os subprodutos pertencentes ao grupo 1 apresentaram, respectivamente, 52,2 e 58,5% da DIVFDN e do NDT dos subprodutos do grupo 2.

Com 17,5% de todos os subprodutos agrupados, os pertencentes ao grupo 1 podem ser melhor visualizados a partir do comportamento do dendograma de dissimilaridade estabelecido na Figura 1.

Tabela 2. Estatística descritiva e distribuição em dois grupos dos 57 subprodutos formados com base nas variáveis discriminatórias digestibilidade *in vitro* da FDN (DIVFDN) e nutrientes digestíveis totais (NDT)

Variáveis	DIVFDN %	NDT %	No.	Subprodutos
Grupo 1				
Média	42,5	38,8	10	Arroz casca, café casca, café pergaminho, goiaba, mamona torta, mandioca haste, manga caroço externo, ouricuri farelo, palmáceas, uva
Mínimo	9,1	27,5		
Máximo	65,7	48,1		
CV (%)	45,7	16,0		
Grupo 2				
Média	81,4	66,3	47	Abacaxi casca, abacaxi coroa, abacaxi, abóbora, acerola, algodão caroço, algodão torta, biscoito, cacau casquinha, cacau resíduos grosso, cenoura descarte resíduo humano, cenoura folha, cenoura raspa, cenoura resíduo grosso, cevada, couve, dendê, feijão, girassol, jaca, jaca silagem, jenipapo, mamão caroço, mamão sem caroço, mamão, mamona detoxicado, mandioca aipim folha, mandioca casca, mandioca casca rosca, mandioca casca suja, mandioca crueira, mandioca rama, mandioca raspa, manga caroço interno, manga casca, manga, maracujá, milheto, nabo, palmiste, polpa cítrica, promil, pupunha, repolho, soja casca, tamarindo
Mínimo	57,9	44,6		
Máximo	99,6	88,1		
CV (%)	14,7	14,7		

Realizando-se o corte do dendrograma apresentado na Figura 1, feito de maneira subjetiva conforme Johnson e Wichern (1988), considerando 48% de dissimilaridade devido à baixa distância de ligação dos pontos de fusão dos grupos, detectou-se a formação de dois subgrupos. Neles os subprodutos de arroz casca e café pergaminho foram hierarquicamente agrupados em subgrupo dissimilar aos demais subprodutos do grupo 1, por apresentarem menor DIVFDN e NDT (Tabela 3).

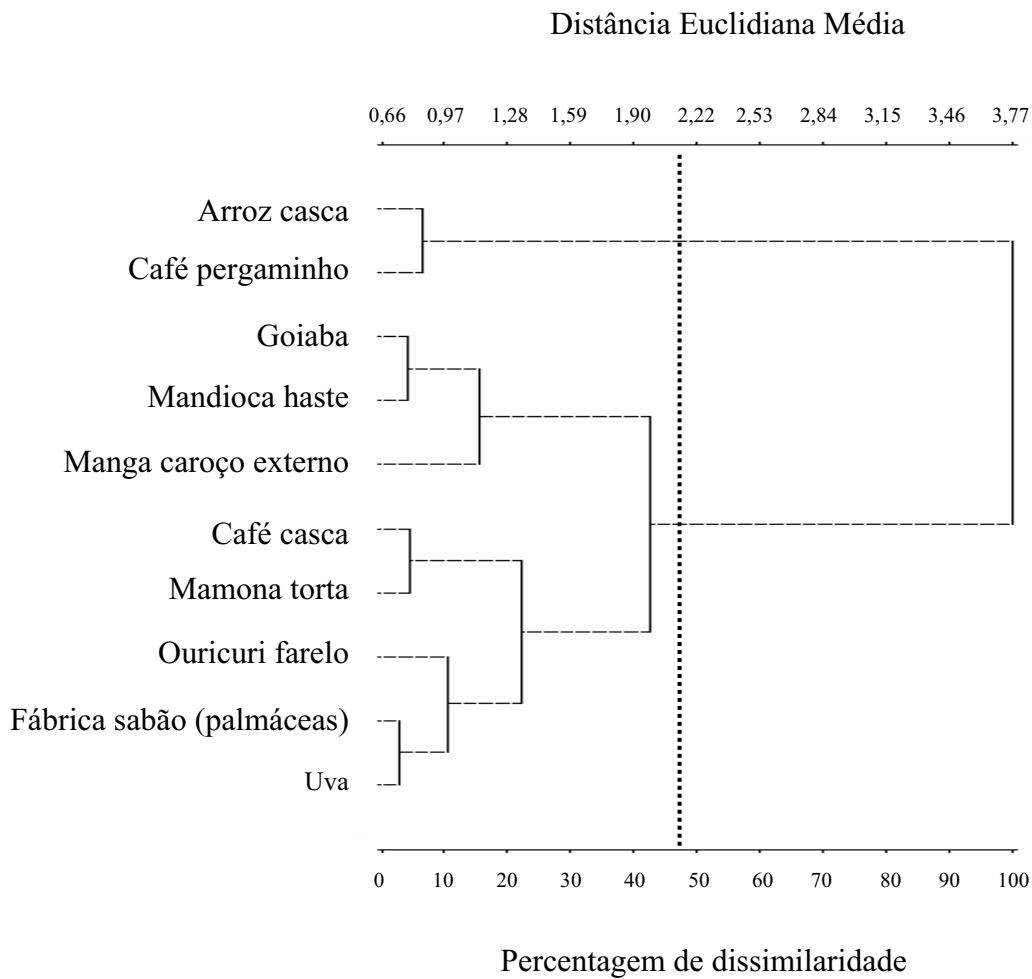


Figura 1. Dendrograma de dissimilaridade do valor nutricional entre 10 subprodutos agrícolas ou agroindustriais.

3.2. Re-agrupamento do grupo 2

A técnica de agrupamento minimiza a variabilidade dentro do grupo, entretanto, se a estimativa de distância entre pares de indivíduos dentro do grupo é de elevada magnitude, justifica-se o subagrupamento (Abreu et al., 2004). Além disto, com o maior número de variáveis discriminatórias, o subagrupamento estratifica melhor os subprodutos do grupo 2.

Tabela 3. Composição química, digestibilidade *in vitro* da fibra em detergente neutro (DIVFDN) e nutrientes digestíveis totais (NDT) de resíduos pertencentes ao grupo 1

Subproduto	MS ^a	MO ^b	PB ^b	NIDN ^c	NIDA ^c	EE ^b	FDNcp ^b	CNF ^b	FDAp ^b	LIG ^b	DIVFDN ^a	NDT ^a
Arroz casca	91,9	83,9	2,1	91,7	59,9	0,7	69,1	12,0	75,1	19,9	9,1	27,5
Café casca	90,5	92,4	11,7	36,6	22,9	1,0	57,1	22,5	45,8	17,5	61,9	42,5
Café pergaminho	91,7	98,8	3,7	32,6	24,7	0,7	90,5	3,9	72,8	22,7	16,3	31,1
Goiaba	28,6	98,6	8,6	26,8	18,9	7,7	73,0	9,4	58,1	22,1	36,0	38,3
Mamona torta	91,5	91,4	39,7	26,3	24,3	2,5	36,0	13,2	29,4	26,2	60,8	45,3
Mandioca haste	90,0	96,3	5,4	47,2	21,3	0,9	65,1	24,8	56,0	20,0	32,1	41,2
Manga caroço externo	34,9	97,2	2,1	56,5	25,5	0,7	67,4	27,1	60,6	13,6	39,2	48,1
Ouricuri farelo	89,1	96,9	13,8	79,1	46,4	4,8	68,3	10,0	55,7	23,4	65,7	35,6
Fábrica sabão (palmáceas)	94,5	94,3	20,1	76,0	24,4	11,5	53,3	9,4	46,5	28,0	51,8	38,0
Uva	89,2	93,7	12,1	86,1	50,2	7,4	45,8	28,5	39,3	31,5	52,1	39,8
Média	72,9	94,4	11,9	55,9	31,8	3,8	62,6	16,1	53,9	22,5	42,5	38,8

^a %; ^b % na MS; ^c % na PB

Como os subprodutos do grupo 2 representaram 82,5% dos subprodutos estudados, foi realizada nova análise de agrupamento tendo como variáveis discriminatórias: PBD (PB – NIDA*6,25), EE, CNF, FDNcp, LIG, DIVFDN e NDT (Figura 2). Posteriormente, realizou-se corte hipotético no dendograma em 15%, de maneira subjetiva (Johnson e Wichern, 1988), objetivando melhor caracterização deste grupo, estabelecendo-se seis subgrupos (SG1 a SG6).

Apesar do subgrupo 1 (SG1) apresentar o segundo maior valor médio protéico entre os subgrupos, e conter o subproduto de maior teor de PBD (mamona destoxicado com 38,9% PBD na MS), esse apresentou maior e menor valor, respectivamente, para as variáveis lignina e NDT (Tabela 4).

Distância Euclidiana Média

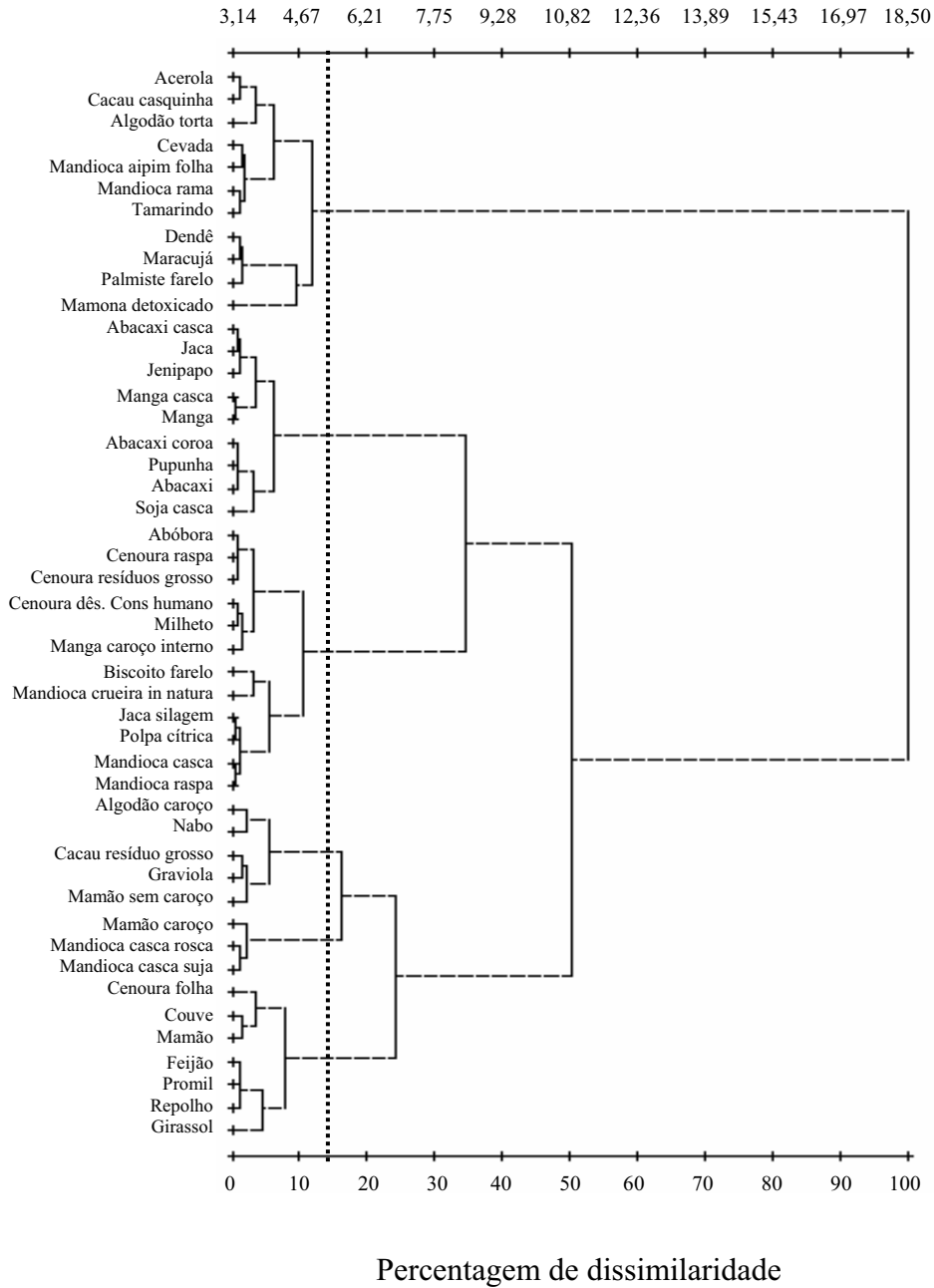


Figura 2. Dendrograma de dissimilaridade do valor nutricional entre 47 subprodutos agrícolas ou agroindustriais.

Tabela 4. Composição química, digestibilidade *in vitro* da fibra em detergente neutro e nutrientes digestíveis totais de 11 subprodutos pertencentes ao grupo 2 subgrupo 1 (SG1)

Subproduto	MS ^a	MO ^b	PB ^b	NIDN ^c	NIDA ^c	EE ^b	FDNcp ^b	CNF ^b	FDAp ^b	LIG ^b	DIVFDN ^a	NDT ^a
Acerola	17,1	97,1	8,5	62,7	2,6	1,7	49,3	37,6	45,1	16,7	60,7	52,1
Algodão torta	90,5	95,5	26,5	17,1	10,2	2,0	51,6	15,4	40,6	9,6	70,9	56,4
Cacau casquinha	89,3	92,6	14,3	55,1	47,5	5,1	37,0	36,2	33,3	18,5	68,0	49,9
Cevada resíduo de cervejaria	26,4	95,9	34,5	58,9	55,9	9,2	33,1	19,2	13,8	8,7	66,9	58,0
Dendê	92,4	97,0	16,1	94,9	58,3	10,7	52,3	17,9	26,6	11,2	65,1	53,0
Mamona detoxicado	90,6	92,4	40,5	42,0	3,8	2,4	34,6	14,9	42,4	31,3	57,9	49,6
Mandioca aipim folha	21,9	92,9	21,5	66,9	40,6	4,0	30,3	37,1	20,1	11,0	74,6	58,1
Mandioca rama	21,9	91,8	24,2	59,8	56,0	2,4	40,4	24,8	22,7	9,6	70,9	52,3
Maracujá	19,5	96,3	10,0	18,0	7,7	12,2	54,8	19,4	41,9	7,8	68,7	59,1
Palmiste farelo	92,9	97,6	12,1	86,6	22,5	16,4	62,8	6,3	53,9	8,3	62,9	56,5
Tamarindo	46,6	97,5	13,1	38,8	34,0	2,6	53,1	28,6	25,2	11,7	73,8	54,4
Média	55,4	95,1	20,1	54,6	30,8	6,2	45,4	23,4	33,2	13,1	67,3	54,5

^a %; ^b % na MS; ^c % na PB

O SG1 foi o subgrupo mais heterogêneo e que apresentou maior distância Euclidiana média (4,23; Figura 2). Contudo, a variável discriminatória que mais influenciou no agrupamento foi o NDT.

O subgrupo SG2 foi o que apresentou maior valor médio da FDNcp e conteve entre seus representantes, subprodutos com valores superiores a 60 e 70% de NDT e DIVFDN, respectivamente (Tabela 5).

Tabela 5. Composição química, digestibilidade *in vitro* da fibra em detergente neutro e nutrientes digestíveis totais de nove subprodutos pertencentes ao grupo 2 subgrupo 2 (SG2)

Subproduto	MS ^a	MO ^b	PB ^b	NIDN ^c	NIDA ^c	EE ^b	FDNcp ^b	CNF ^b	FDAp ^b	LIG ^b	DIVFDN ^{ra}	NDT ^a
Abacaxi casca	9,5	95,9	6,6	45,3	8,0	0,5	50,9	38,1	24,7	2,7	83,0	67,8
Abacaxi coroa	14,0	92,2	9,1	11,5	6,0	1,5	52,2	29,3	26,6	3,3	78,3	62,6
Abacaxi	13,9	95,3	7,1	50,5	44,4	0,8	60,2	27,2	31,0	3,7	81,1	61,6
Jaca	34,2	92,5	10,8	83,0	44,4	3,4	42,7	35,6	38,7	1,9	79,2	66,6
Jenipapo	13,6	96,5	4,7	65,8	55,6	0,4	46,9	44,5	34,2	5,1	81,2	64,4
Manga casca	20,4	97,6	4,2	97,4	22,7	4,0	36,6	52,8	22,7	5,9	77,1	68,3
Manga	34,5	97,6	5,1	79,2	22,6	4,0	32,6	56,0	22,6	7,3	75,3	68,1
Pupunha	86,5	95,0	6,0	24,3	11,8	1,3	57,8	29,9	38,9	3,0	71,4	64,3
Soja casca	92,2	95,6	12,0	69,6	25,4	0,4	67,5	15,6	45,4	1,6	92,8	64,6
Média	35,4	95,4	7,3	58,5	26,8	1,8	49,7	36,6	31,6	3,8	79,9	65,4

^a %; ^b % na MS; ^c % na PB

Entre todos os subgrupos, o SG3 foi o que apresentou maior valor médio para NDT (77,2%) e DIVFDN (93,4%), além disso, conteve menor valor médio para lignina (2,3 % na MS; Tabela 6).

O conteúdo de EE foi, entre as variáveis discriminatórias, a que mais influenciou no estabelecimento hierárquico dos subprodutos do SG4 (Tabela 7).

Os subprodutos SG5 se destacaram pela maior concentração de CNF e seus representantes apresentaram-se bastante homogêneos, uma vez que este subgrupo foi estabelecido com apenas 3 subprodutos. A principal característica que distingue os representantes do SG5 para o SG3 foram os maiores valores de lignina e consequentemente, menores valores de DIVFDN para o SG5, contudo, como pode ser visto na Tabela 8, os subprodutos deste subgrupo são essencialmente energéticos.

Tabela 6. Composição química, digestibilidade *in vitro* da fibra em detergente neutro e nutrientes digestíveis totais de 12 subprodutos pertencentes ao grupo 2 subgrupo 3 (SG3)

Resíduo	MS ^a	MO ^b	PB ^b	NIDN ^c	NIDA ^c	EE ^b	FDNcp ^b	CNF ^b	FDAp ^b	LIG ^b	DIVFDN ^a	NDT ^a
Abóbora	17,3	95,6	17,6	35,9	27,1	2,0	19,6	56,4	14,1	3,3	94,6	74,0
Biscoito farelo	90,2	97,8	10,4	35,1	1,4	17,4	5,7	64,2	1,6	0,4	96,0	86,6
Cenoura descarte	8,9	91,3	12,4	15,1	10,6	1,2	14,1	63,6	13,8	0,1	95,3	78,0
Cenoura raspa	8,7	89,4	11,2	32,1	27,3	2,7	18,6	57,0	18,1	1,5	93,9	71,5
Cenoura resíduo grosso	8,5	88,1	14,7	82,7	22,8	2,0	13,7	57,8	20,6	2,6	93,3	70,1
Jaca silagem	27,8	96,0	8,3	38,1	15,9	1,7	16,1	69,8	9,7	3,6	91,7	76,5
Mandioca casca	25,6	96,6	3,7	58,8	7,4	0,6	15,8	76,6	15,3	5,5	87,2	75,7
Mandioca crueira in natura	43,9	98,8	3,0	55,0	14,6	0,9	1,5	93,5	3,2	0,6	98,2	88,1
Mandioca raspa	91,8	94,9	2,9	24,2	16,0	1,2	17,5	73,2	20,2	4,3	87,5	74,4
Manga caroço interno	51,2	98,0	5,5	75,6	14,0	7,8	25,6	59,1	3,8	1,6	96,6	78,7
Milheto grão	89,2	98,4	17,8	85,1	42,6	3,9	20,5	56,3	1,2	1,2	94,6	78,7
Polpa cítrica	85,9	94,3	6,4	58,7	27,7	2,1	20,6	65,2	19,2	2,7	92,2	74,2
Média	45,7	94,9	9,5	49,7	19,0	3,6	15,8	66,0	11,7	2,3	93,4	77,2

^a %; ^b % na MS; ^c % na PB

Tabela 7. Composição química, digestibilidade *in vitro* da fibra em detergente neutro e nutrientes digestíveis totais de cinco subprodutos pertencentes ao grupo 2 subgrupo 4 (SG4)

Subproduto	MS ^a	MO ^b	PB ^b	NIDN ^c	NIDA ^c	EE ^b	FDNcp ^b	CNF ^b	FDAp ^b	LIG ^b	DIVFDN ^a	NDT ^a
Algodão caroço	93,0	95,8	20,5	7,4	6,2	18,2	41,6	15,4	34,4	7,4	62,0	63,5
Cacau resíduo grosso	94,7	90,9	15,9	94,5	32,6	16,6	19,0	39,4	23,0	10,6	75,6	63,7
Graviola	26,0	97,7	10,4	42,1	28,3	13,1	37,8	36,5	31,1	7,2	82,6	66,0
Mamão caroço	10,1	92,9	25,9	90,2	72,3	22,9	15,6	28,4	13,4	7,5	92,9	64,2
Nabo	91,6	94,3	27,6	19,9	18,7	24,3	22,7	19,7	14,5	7,5	81,6	67,6
Média	63,1	94,3	20,1	50,8	31,6	19,0	27,4	27,9	23,3	8,0	78,9	65,0

^a %; ^b % na MS; ^c % na PB

Tabela 8. Composição química, digestibilidade *in vitro* da fibra em detergente neutro e nutrientes digestíveis totais de três subprodutos pertencentes ao grupo 2 subgrupo 5 (SG5)

Subproduto	MS ^a	MO ^b	PB ^b	NIDN ^c	NIDA ^c	EE ^b	FDNcp ^b	CNF ^b	FDAP ^b	LIG ^b	DIVFDN ^a	NDT ^a
Mamão sem caroço	10,1	93,6	13,3	52,2	5,1	2,1	12,0	66,2	16,1	4,4	67,6	75,4
Mandioca casca lavada	26,6	91,9	3,4	54,7	27,7	1,1	12,7	74,7	24,6	8,8	73,4	70,6
Mandioca casca suja	25,0	95,3	3,4	64,7	36,2	0,2	20,8	71,0	24,6	12,6	67,2	67,0
Média	20,6	93,6	6,7	57,2	23,0	1,1	15,2	70,7	21,8	8,6	69,4	71,0

^a %; ^b % na MS; ^c % na PB

Diferentemente dos demais subgrupos, o SG6 foi o que apresentou maior valor de PBD, podendo seus representantes serem considerados fontes protéicas potenciais (Tabela 9).

Tabela 9. Composição química, digestibilidade *in vitro* da fibra em detergente neutro e nutrientes digestíveis totais de sete subprodutos pertencentes ao grupo 2 subgrupo 6 (SG6)

Subproduto	MS ^a	MO ^b	PB ^b	NIDN ^c	NIDA ^c	EE ^b	FDNcp ^b	CNF ^b	FDAP ^b	LIG ^b	DIVFDN ^a	NDT ^a
Cenoura folha	22,6	63,8	14,5	76,2	63,4	1,0	7,5	40,8	31,1	9,1	82,2	44,6
Couve talo	7,7	85,8	18,3	40,2	23,9	1,1	31,6	34,8	23,3	4,5	90,0	59,1
Feijão bandinha	87,2	95,5	23,9	35,8	25,4	2,0	29,5	40,2	0,6	0,2	99,6	76,6
Girassol	92,7	94,9	36,9	11,8	5,6	2,1	18,6	37,2	11,3	5,2	88,2	73,0
Mamão	10,1	94,9	14,8	86,9	27,4	7,3	29,4	43,5	28,7	7,7	96,1	65,2
Promil	85,8	94,2	21,9	38,2	13,3	2,8	22,7	46,8	9,6	1,4	91,0	75,4
Repolho	80,6	91,4	18,4	48,6	22,7	1,1	25,7	46,2	21,0	2,2	94,6	69,9
Média	55,3	88,6	21,2	48,2	25,9	2,5	23,6	41,4	17,9	4,3	91,7	66,3

^a %; ^b % na MS; ^c % na PB

4. Discussão

4.1 - Grupo 1 – G1

A baixa digestibilidade da FDN dos subprodutos do G1 como as observadas principalmente, para arroz casca e café pergaminho se deve à elevada concentração de lignina, já que esta é um dos principais fatores limitantes da digestão dos carboidratos fibrosos (Jung e Allen, 1995).

A influência negativa da lignina sobre a fração fibrosa do café pergaminho pode ser confirmada pelo alto teor de FDA indigestível (FDAi). Fazendo analogia aos resultados obtidos por Souza et al. (2005), que observaram valor de 38,1% na MS para FDAi para café casca que continha pergaminho entre seus componentes, e os valores observados neste experimento com café casca que apresentou teor de FDAp de 45,8% na MS e o café pergaminho 72,8% na MS, pode-se inferir que este subproduto apresenta baixo valor nutricional.

Durante o processo de beneficiamento do arroz, resulta como subproduto a casca, que representa cerca de 20% do peso do arroz (Mehta e Monteiro, 1994). Além do alto teor de lignina, este subproduto apresentou como característica principal alto conteúdo em sílica (12,9% na MS) e por isto, seu baixo valor energético. Devido ao alto teor de sílica nas cinzas do arroz casca, este subproduto vem sendo utilizado na fabricação de vidros, isolantes térmicos, tijolos prensados e materiais refratários, bem como na produção de cimento e na forma de agregado em argamassas e concretos (Della et al., 2001; Hoppe, 2005).

Nos demais subprodutos do grupo 1, além dos fatores inerentes à composição química da fração fibrosa, tendo a lignina como o principal fator limitante da disponibilidade dos seus constituintes químicos, existem outros fatores que impedem o melhor aproveitamento do valor nutricional.

O subproduto de goiaba, em decorrência da elevada concentração de sementes, as quais possuem alta densidade específica, possibilitou aumento na taxa de passagem da digesta pelo trato gastrintestinal e reduziu a digestibilidade dos nutrientes, o que resultou em NDT de 35,7% (Lousada Jr. et al., 2005).

O café casca, subproduto proveniente do beneficiamento do grão de café, além de apresentar parede celular bastante lignificada, contém taninos e cafeína (Teixeira, 1995; Barcelos et al., 1997). O tanino é um dos fatores possivelmente responsável por aumentar a proteína insolúvel associada com a parede celular da planta e a eles são atribuídas a indisponibilidade da fração protéica por insolubilização, depressão de consumo voluntário e inibição de crescimento bacteriano (Van Soest, 1994). Segundo Bressani et al. (1972) e Cabezas (1976), níveis maiores que 8 g/kg de tanino na ração provocam efeitos adversos na utilização do alimento pelos bovinos. Contudo, de acordo com Vargas et al. (1977), os ruminantes toleram um consumo máximo de tanino de 28 g/100 kg de peso/dia e esse valor estaria associado à ingestão de 4,5 g de cafeína/100 kg de peso/dia.

De acordo com Savy Filho e Benzatto (1983), o mais tradicional e importante subproduto da mamona é a torta. Do processamento industrial das sementes de mamona, cada tonelada de óleo extraído corresponde a 1,28 toneladas de torta (Loureiro, 1962). Seu alto teor de proteína torna-lhe atraente como alternativa para alimentação animal, porém o grande desafio para pesquisadores da área de nutrição animal está em eliminar a toxidez da torta de mamona, a qual é causada pela presença de três substâncias: ricina (uma proteína), ricinina (um alcalóide) e CB-1A (um complexo alergênico) (Gardner Junior et al., 1960; Moshkin, 1986).

Lima e Lebouté (1986) observaram baixa digestibilidade da fibra para o subproduto de uva processada para a produção de suco, obtendo valores de 28,1 e

27,4% para ovinos e caprinos, respectivamente. Estes autores também observaram baixa digestibilidade da proteína deste subproduto, o que foi atribuído às associações com taninos e antocianinas da uva. Barroso et al. (2006), visando minimizar os efeitos da lignina e do tanino neste subproduto, utilizaram mistura de 50% de milho e 50% do subproduto de uva e obtiveram digestibilidade da FDN de 37%. As diferenças observadas entre os valores de DIVFDN deste trabalho (52,1%) em relação aos valores *in vivo* se devem, provavelmente, ao processo de moagem para incubação *in vitro* que aumenta a área de exposição aos microrganismos ruminais e, também, à composição do subproduto. O subproduto de uva é composto basicamente de semente, polpa e engaço e, as diferentes proporções influenciam nos teores de fibra e seus componentes, os quais interferem na disponibilidade deste componente aos microrganismos ruminais.

Em geral, os subprodutos pertencentes ao grupo 1 apresentaram maior teor de FDN_{cp}, o que resultou em menor conteúdo energético. Devido ao maior grau de associação da FDN_{cp} aos teores de lignina, resultou em menor disponibilidade dos componentes desta fração fibrosa dos subprodutos, reduzindo desta forma, a fração potencialmente digerível do alimento.

Na tentativa de melhorar o valor nutritivo dos subprodutos agrícolas e agroindustriais, tratamentos químicos e físicos têm sido testados. Para Souza et al. (2001), a amonização proporcionou efeitos benéficos sobre o conteúdo de nitrogênio do café casca, diminuindo a relação NIDN/NT e NIDA/NT, promovendo ainda alterações na fração fibrosa deste subproduto, sem, contudo, afetar sua DIVMS.

Oliveira et al. (2006), avaliando o efeito da utilização do farelo ou torta de mamona tratado com hidróxido de cálcio no consumo, digestibilidade dos nutrientes e funcionamento hepático em ovinos, concluíram que o tratamento com hidróxido de

cálcio (40 g/kg) aumentou o valor nutritivo do farelo e da torta de mamona, além de não causar sintomas clínicos de intoxicação e de lesão hepática.

Investigando os efeitos de diversas doses de irradiação com feixes de elétrons em restos de cultura de arroz, Vitti et al. (1998) observaram que houve alteração celular e separação de fibras com 200 kGy, reduzindo o conteúdo de FDN em 21,2%, justificando esse decréscimo devido à radiação despolimerizar a celulose. Contudo, para os valores de digestibilidade *in situ* da matéria seca, não houve diferença entre tratamentos, embora tenha ocorrido acréscimo de 10 unidades percentuais entre o material cru e tratado com 200 kGy.

4.2 - Grupo 2 subgrupo 1 (SG1)

Morrison (1956), um dos primeiros pesquisadores a trabalhar com agrupamento e classificação de alimentos, inicialmente agrupou-os pela sua propriedade física (volume), visando separar os alimentos de alta e baixa concentração de nutrientes produtores de energia, chamando-os de concentrados e volumosos, respectivamente. Posteriormente, o National Research Council (NRC, 1963) adotou esta classificação e chamou de volumosos aqueles alimentos com menos de 60% de NDT e mais de 18% de fibra bruta. Todos os subprodutos do SG1 apresentaram valores de NDT inferior a 60% e valores para FDN_{cp} superiores a 30% na MS (Tabela 5).

Em algumas pesquisas avaliaram-se representantes do SG1 como volumosos. Modesto et al. (2008) concluíram que a substituição da silagem de milho pela silagem da rama de mandioca de até 60%, pode ser feita na alimentação de vacas não-lactantes, pois não modificou o consumo e a digestibilidade dos nutrientes e os parâmetros ruminais, à exceção da digestibilidade da PB e do nitrogênio amoniacal ruminal no tempo de 8 horas pós-prandial. Cabral Filho et al. (2007), avaliando as possíveis

alterações de consumo e digestibilidade na substituição de dieta exclusiva de feno pela silagem do subproduto úmido de cervejaria, observaram que a inclusão de 33% do subproduto ensilado com base na MS melhorou a digestibilidade mostrando ser esse subproduto importante recurso alimentar para ovinos.

Os subprodutos do SG1 apresentaram características que os tornam em potencial para substituir parcialmente os alimentos volumosos. Contudo, preocupação se deve ter com a efetividade da fibra, fração do alimento que estimula a atividade mastigatória (Grant, 1997), devido ao pequeno tamanho das partículas de alguns destes subprodutos. Isto se deve, porque a competição entre a degradação ruminal e a taxa de passagem pelo rúmen são importantes fatores que determinam a utilização desses alimentos (Grant, 1997). Mertens (1992) recomendou que as dietas devam conter no mínimo 25% de FDN, sendo que 75% deste total devem ser oriundos de forragem para garantir mínimo de fibra efetiva. Porém, este autor também recomendou quando forem utilizados grandes proporções de sub-produtos fibrosos, os quais normalmente tem baixa efetividade da fibra, seria conveniente elevar este valor mínimo para 34% de FDN.

4.3 - Grupo 2 subgrupo 2 (SG2)

Baseado na classificação e agrupamento de Morrison (1956), o NRC (1963) passou a considerar alimentos concentrados energéticos aqueles cujos teores de NDT fossem superiores a 60%, de fibra bruta inferior a 18% e de PB inferior a 20%. Pode-se observar na Tabela 5 que todos os representantes do SG2 apresentaram valores de PB inferior a 20% na MS e, apesar de conterem valores de FDNcp superior a 32%, podem ser considerados substitutos parciais de concentrados energéticos.

Entre todos os subprodutos representantes do SG2, a soja casca, obtida da industrialização do grão, tem grande destaque no cenário nacional, em virtude da alta

produção brasileira de soja, sendo que a casca representa 70-80 g/kg do peso do grão (Restle et al., 2004). Por apresentar alto conteúdo de FDN, a soja casca foi inicialmente estudada como opção para substituição da fração volumosa da dieta de bovinos de corte e ovinos (Azevedo, 1998). No entanto, resultados confirmando a elevada digestibilidade da FDN presente neste subproduto, induziram a estudos da utilização da soja casca como substituto dos grãos de cereais na fração concentrada da dieta (Bach et al., 1999).

O grão de milho é a fonte energética mais utilizada nas dietas de bovinos, mas pode provocar efeito associativo negativo sobre a digestibilidade da fibra. O uso de fontes energéticas ricas em fibra altamente digestível, como a soja casca, em dietas mistas de volumosos e concentrados, favorece a digestão da fibra. Animais que receberam dietas contendo soja casca, em substituição parcial do milho ou ao sorgo, apresentaram maior digestão da fibra da dieta (Grigsby et al., 1993; Mendes et al., 2005), maior ganho de peso e menor conversão alimentar (Restle et al., 2004), além disto, este subproduto promove alta produção de AGV (Bach et al., 1999) e pH ideal para ação dos microrganismos ruminais (Ludden et al., 1995).

4.4 - Grupo 2 subgrupo 3 (SG3)

Devido ao maior aporte energético do subgrupo SG3 para os microrganismos ruminais, deve ser considerada ao formular dietas com estes subprodutos, uma fonte de proteína de compatível taxa de degradação, já que a sincronização da fermentação energética e da degradação da PB é essencial para utilização eficiente da energia e proteína pelos microrganismos ruminais.

Assis et al. (2004), substituindo o fubá de milho pela polpa cítrica na dieta de vacas em lactação, observaram que os coeficientes de digestibilidade aparente não variaram em função da substituição. Estes autores explicaram este resultado pela alta

degradação da fibra contida na polpa cítrica, não acarretando diferenças quando esta substitui o amido do fubá de milho.

Trabalhos conduzidos por Milton e Brandt (1993) e Passini et al. (2001) mostraram que farelo de biscoito pode substituir o milho das dietas até a proporção de 30%. No entanto, preocupação deve-se ter no teor de EE da dieta, pois este subproduto apresentou 17,4% de EE na MS (Tabela 6). À medida que a proporção dietética de lipídios superam 60 g/kg na MS, principalmente quando estes lipídios são ricos em ácidos graxos insaturados, podem acarretar efeitos negativos no ambiente ruminal, incluindo a diminuição da digestibilidade das frações fibrosas da dieta (Palmquist e Jenkins, 1980).

4.5 - Grupo 2 subgrupo 4 (SG4)

Os representantes do SG4 foram os que apresentaram maior valor médio para o conteúdo de EE, por isto, deve-se estabelecer limites de inclusão na dieta para que os níveis dietéticos de EE não interfiram na digestibilidade da fibra e no consumo de MS. Entre os representantes deste subgrupo, o subproduto de graviola, com 13,1% de EE na MS, foi o que apresentou menor conteúdo de EE.

Em trabalho em que foram comparados níveis de 0, 12, 18 e 24% de caroço de algodão em dietas de confinamento para bovinos, Brosh et al. (1989) concluíram que este subproduto acarretou diminuição no ganho de peso sem alterar o consumo de MS. Alimentando vacas com dietas compostas de cana-de-açúcar e 0, 10, 20 ou 30% de algodão caroço no concentrado, Ludovico e Mattos (1997) observaram efeito quadrático no consumo de MS. Para Cooke et al. (2007), dietas contendo caroço de algodão não alteraram o consumo de MS e a produção de leite, mas reduziram o teor de gordura do leite devido ao grau de insaturação dos lipídeos.

Jenkins (1993) sugeriram que a influência deletéria dos lipídios sobre os microrganismos ruminais, afetando a fermentação ruminal e principalmente a digestibilidade dos componentes fibrosos, é dependente do grau de insaturação, da presença de grupos carboxílicos livres, da capacidade em formar sais insolúveis, da propriedade de associação com superfícies alimentares ou microbianas e da quantidade ingerida por dia.

4.6 - Grupo 2 subgrupo 5 (SG5)

Alguns subprodutos representantes do SG5, que apresentaram concentração média de CNF de 70,7% na MS, têm sido testados como substituto parcial de concentrados energéticos. Marques et al. (2000), estudando o efeito da substituição do milho pela casca de mandioca, observaram que embora se tenha reduzido o consumo de MS, não alterou o ganho em peso, a conversão alimentar e o rendimento de carcaça dos animais. Todavia, sugeriram cautela na substituição, para evitar problemas de consumo e acidose.

4.7 - Grupo 2 subgrupo 6 (SG6)

Com valor médio de PB de 21,2% na MS, os representantes do SG6 têm sido pesquisados como substitutos parciais de concentrados protéicos (Tabela 9). Alguns estudos com ruminantes em fase de crescimento e com vacas em lactação indicaram que o valor nutricional do farelo de girassol é equivalente ao farelo de soja e ao farelo de algodão (Vincent et al., 1990; Milton et al., 1997).

Macedo et al. (2003), substituindo farelo de soja pela farinha de glúten de milho, em cabas em lactação, observaram redução na produção de leite, gordura, consumo de fibra em detergente neutro e nos níveis de uréia plasmática.

Contudo, considerando o farelo de soja como o principal e mais utilizado ingrediente protéico nas rações, limitações de substituição devem ser impostas devido ao melhor valor biológico da proteína do farelo de soja, quando comparada com a proteína de subprodutos, em virtude do desequilíbrio de aminoácidos essenciais. Além disto, outros fatores como a baixa palatabilidade e digestibilidade do feijão bandinha devem ser considerados. Nunes (1998), recomendou a inclusão de até 15% e de 20-25% em concentrados destinados a bovinos e ovinos em terminação, respectivamente.

Como pode ser visto na Tabela 9, o menor valor de PB entre os representantes do SG6 foi de 14,5% na MS para o subproduto de cenoura folha. Esse subproduto, juntamente com o subproduto couve apresentaram alta contaminação de solo o que afetou seus valores de minerais, resultando em valores de 36,2 e 14,2% de cinzas na MS, respectivamente.

5. Conclusões

Os subprodutos pertencentes ao grupo 1 apresentam características limitantes para uso na alimentação animal, devendo ser melhor estudados em termos de fatores que limitam seu aproveitamento e formas de tratamento químico e físico que reduzam a elevada proteção de seus constituintes químicos da fração fibrosa.

Pelas características apresentadas, os subprodutos pertencentes ao SG1 devem ser, preferencialmente, utilizados como substitutos parciais de volumosos.

Os subprodutos dos SG2, SG3, SG4 e SG5 devem ser utilizados como substitutos parciais de concentrados energéticos e os subprodutos do SG6 como substitutos parciais de concentrados protéicos.

6. Literatura Citada

ABREU, F.B.; LEAL, N.R.; RODRIGUES, R.; et al. Divergência genética entre acessos de feijão-de-vagem de hábito de crescimento indeterminado. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.22, n.3, p.547-552, 2004.

ASSIS, A.J.; CAMPOS, J.M.S.; QUEIROZ, A.C.; et al. Polpa Cítrica em Dietas de Vacas em Lactação. 2. Digestibilidade dos Nutrientes em Dois Períodos de Coleta de Fezes, pH e Nitrogênio Amoniacal do Líquido Ruminal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.1, p. 251-257, 2004.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY - AOAC. **Official Methods of Analysis**, 15th ed. AOAC International, Arlington. 1990.

AZEVEDO, P.S. **A casca do grão de soja em substituição ao feno de gramíneas nas rações com diferentes fontes protéicas para bovinos**. Tese (Doutorado). Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal. 1998. 53p.

BACH, A.; YOON, I.K.; STERN, M.D. et al. Effects of type of carbohydrate supplementation to lush pasture on microbial fermentation in continuous culture. **Journal of Dairy Science**, v.82, p.153-160, 1999.

BARCELOS, A.F.; ANDRADE, I.F.; VON TIESENHAUSEN, I.M.E.V. et al. Aproveitamento da casca de café na alimentação de novilhos confinados - resultados do segundo ano. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.26, n.6, p.1215-1221, 1997.

BARROSO, D.D.; ARAÚJO, G.G.L.; SILVA, D.S. et al. Resíduo desidratado de vitivinícolas associado a diferentes fontes energéticas na alimentação de ovinos: consumo e digestibilidade aparente. **Ciência e Agrotecnologia**, v.30, n.4, p.767-773, 2006.

BRESSANI, R.; ESTRADA, E.; JARQUIN, R. Pulpa y pergamino de café. 1. Composición química contenido de aminoácidos de la proteína de la pulpa. **Turrialba**, n.3, p. 299-304, 1972.

BROSH, A.; HOLZER, Z.; LEVY, D. Cottonseed for protein and energy supplementation of high - roughage diets for beef cattle. **Animal Production**, v.48, p.513-518, 1989.

CABEZAS, M.T. Valor nutritivo de la pulpa de café para ganado de corte. **Agricultura en El Salvador**, San Salvador, v.3, n.15, p.25-39, 1976.

CABRAL FILHO, S.L.S.; BUENO, I.C.S.; ABDALLA, A.L. Substituição do feno de tifton pelo resíduo úmido de cervejaria em dietas de ovinos em manutenção. **Ciência Animal Brasileira**, v. 8, n. 1, p. 65-73, 2007.

CIEGLINSKI, A. **PIB do agronegócio em 2007 bate recorde, com crescimento de 7,89%.**, 2008. <http://www.agenciabrasil.gov.br>. Consultado em 2008/03/19.

CONSELHO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO - CNPq. **Apoio ao Desenvolvimento de Tecnologias para Redução e Utilização de Resíduos Rurais e Agroindustriais e Redução das Perdas na Produção Agropecuária.** Edital CT-AGRO/MCT/CNPq nº 08/2005. Lançamento do edital no D.O.U. 29/03/2005

COOKE, K.M.; BERNARD, J.K.; WILDMAN, C.D. et al. Performance and ruminal fermentation of dairy cows fed whole cottonseed with elevated concentrations of free fatty acids in the oil. **Journal of Dairy Science**, v.90, p.2329–2334, 2007.

DELLA, V.P.; KUHN, I.; HOTZA D. Caracterização de cinza de casca de arroz para uso como matéria-prima na fabricação de refratários de sílica. **Química Nova**, v. 24, n. 6, p.778-782, 2001.

GARDNER JUNIOR, H. K.; D'AQUIN, E. L.; KOLTUN, S. P. et al. Detoxification and deallergenization of castor beans. **The Journal of the American Oil Chemists Society**, v. 37, p. 142-148, 1960.

GRANT, R.J. Interactions among forrages and non forages sources. **Journal of Dairy Science**, v.80, p.1438-1446, 1997.

GRIGSBY, K.N.; KERLEY, M.S.; PATERSON, J.A. Combinations of starch and digestible fiber in supplements for steers consuming a low quality brome grass hay diet. **Journal of Animal Science**, v. 71, n.4, p.1057-1064, 1993.

HALL, M.B. Neutral Detergent-Soluble Carbohydrates. **Nutritional Relevance and Analysis**. University of Florida, Gainesville. 2000.

HOPPE, T.F. **Resistividade elétrica de concretos contendo diferentes teores de cinza de casca.** Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. 2005. 147p.

JENKINS, T.C. Lipid metabolism in the rumen. **Journal of Dairy Science**, v.76, p.3851-3863, 1993.

JOHNSON, R.A., WICHERN, D.W. **Applied multivariate statistical analysis**. Second Edition. Prentice Hall, Wisconsin. 1988. 607p.

JUNG, H.G.; ALLEN, M.S. Characteristics of plant cell wall affecting intake and digestibility of forages by ruminants. **Journal of Animal Science**, v.73, p.2774-2790, 1995.

LICITRA, G.; HERNANDEZ, T.M.; VAN SOEST, P.J. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. **Animal Feed Science and Technology**, v.57, p. 347-358, 1996.

LIMA, S.; LEBOUTE, E. M. Resíduo seco da industrialização da uva como alimento para caprinos e ovinos: consumo voluntário e digestibilidade de misturas de resíduo de uva e feno de alfafa. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 23., 1986, Campo Grande, MS. **Anais...** Campo Grande: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1986.

LOUREIRO, M.C. Torta de semente da mamoneira na alimentação animal. **Revista Ceres**, v. 11. n. 66. pp. 290-294, 1962.

LOUSADA JÚNIOR, J.E.; NEIVA, J.N.; RODRIGUEZ, N.M. et al. Consumo e digestibilidade de subprodutos do processamento de frutas em ovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.2, p.659-669, 2005.

LUDDEN, P.A.; CECAVA, M.J.; HENDRIX, K.S. The value of soybean hulls as a replacement for corn in beef cattle diets formulated with or without added fat. **Journal of Animal Science**, v.73, pp.2706-2711, 1995.

LUDOVICO, A.; MATTOS, W.R.S. Avaliação de dietas à base de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) e diferentes níveis de semente de algodão (*Gossypium hirsutum* L.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.26, n.2, p.403-410, 1997.

MACEDO, L.G.P.; DAMASCENO, J.C.; MARTINS, E.N. et al. Substituição do Farelo de Soja pela Farinha de Glúten de Milho na Alimentação de Cabras Leiteiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.4, p.992-1001, 2003.

MARQUES, J.A.; PRADO, I.N.; ZEOULA, L.M. et al. Avaliação da Mandioca e Seus Resíduos Industriais em Substituição ao Milho no Desempenho de Novilhas Confinadas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n.5, p.1528-1536, 2000.

MEHTA, P. K., MONTEIRO, P.J.M. **Concreto: Estrutura, propriedades e materiais**. Pini, São Paulo. 1994.

MENDES, A.R.; EZEQUIEL, J.M.B.; GALATI, R.L. et al. Consumo e Digestibilidade Total e Parcial de Dietas Utilizando Farelo de Girassol e Três Fontes de Energia em Novilhos Confinados. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.2, p.679-691, 2005.

MENKE, K.H., STEINGASS, H. Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and gas production using rumen fluid. **Animal Research Development**, v.28, p.7-55, 1988.

MERTENS, D.R. Analysis of fiber in feeds and its use in feed evaluation and ration formulation. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE RUMINANTES, 1992, Lavras. **Anais...** Lavras: Sociedade Brasileira de Zootecnia, p.1-32, 1992.

MERTENS, D.R. Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fiber in feeds with refluxing in beakers or crucibles: collaborative study. **Journal of AOAC International**, 85, p.1217–1240, 2002

MILTON, C. T., BRANDT, R. T. **Utilization of dried bakery product by finishing beef steers**. Cattlemen's Day, Kentucky, v. 1, pp. 104-106, 1993.

MILTON, C.T.; BRANDT JR.R.T.; TITGEMEYER, E.C. et al. Effect of degradable and escape protein and roughage type on performance and carcass characteristics of finishing yearling steers. **Journal of Animal Science**, v.75, n.3, p.2834-2840, 1997.

MODESTO, E.C.; SANTOS, G.T.; ZAMBOM, M.A. et al. Consumo, digestibilidade e parâmetros ruminais em vacas gestantes alimentadas com silagem de rama de mandioca. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.5, p.944-950, 2008.

MORRISON, F. B. **Feeds and Feeding**. 22nd ed. The Morrison Publishing Co., Ithaca, New York. 1956.

MOSHKIN, V. A. **Castor**. New Delhi: Amerind, 315p. 1986

NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrient Requirements of Domestic Animals**, No. 4. Nutrient Requirements of Beef Cattle. National Research Council, Washington, D.C. 1963.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7.ed. Washington, D.C.: 2001. 381p.

NUNES, I. J. **Cálculo e avaliação de rações e suplementos**. FEP-MVZ Editora, Belo Horizonte, 1998, 185 p.

OLIVEIRA, A.S.; CAMPOS, J.M.S.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Consumo, digestibilidade dos nutrientes e indicadores de função hepática em ovinos alimentados com dietas contendo farelo ou torta de mamona tratado ou não com hidróxido de cálcio. In: I CONGRESSO DA REDE BRASILEIRA DE TECNOLOGIA DE BIODISEL, 2006, Brasília. **Anais...** I Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia de Biodisel. Brasília : MCT/ABIPTI, v. 2. p. 8-13, 2006.

OLTJEN, J.W.; BECKETT, J.L. Role of ruminant livestock in sustainable agricultural systems. **Journal of Animal Science**, v.74, p.1406-1409, 1996.

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

PASSINI, R.; SPERS, A.; LUCCI, C.S. Efeitos da substituição parcial do milho na dieta pelo resíduo de panificação sobre o desempenho de novilhos da raça Holandesa. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n. 4, p. 689-694, 2001.

PELL, A.N.; SCHOFIELD, P. Computerized monitoring of gas production to measure forage digestion in vitro. **Journal of Dairy Science**, v.76, n.9, p.1063-1073, 1993.

RESTLE, J.; FATURI, C.; ALVES FILHO, D.C. et al. Substituição do grão de sorgo por casca de soja na dieta de novilhos terminados em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.4, p.1009-1015, 2004.

SAS Institute. **SAS/STAT User's guide**, Version 8. SAS Institute Inc., Cary, NC. 2000.

SAVY FILHO, A., BENZATTO, N.V. O mercado está para a mamona. **Casa da Agricultura**, v. 5, n. 5, pp. 12-15, 1983.

SCHOFIELD, P.; PITT, R.E.; PELL, A.N. Kinetic of fiber digestion from in vitro gas production. **Journal of Animal Science**, v. 72, n.11, p.2980-2991, 1994.

SOUZA, A.L.; GARCIA R.; VALADARES FILHO S.C. et al. Casca de café em dietas de vacas em lactação: consumo, digestibilidade e produção de leite. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.6, p. 2496-2504, 2005 (Suplemento 1).

SOUZA, A.L.; GARCIA, R.; PEREIRA, O.G. et al. Composição Químico-Bromatológica da Casca de Café Tratada com Amônia Anidra e Sulfeto de Sódio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.3, p. 983-991, 2001 (Suplemento 1).

TEIXEIRA, J.L. Utilização de resíduos culturais e de beneficiamento na utilização de bovinos. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 6, 1995, Piracicaba, **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1995. p.123-152, 1995.

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

VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B. **Analysis of forages and fibrous foods**. Cornell University, Ithaca. 1985.

VARGAS, E.; CABEZAS, M.T.; BRESSANI, R. Pulpa de café en la alimentacion de rumiantes. I. Digestibilidad "in vivo" de la pulpa. **Agronomia Costarricense**, v.1, n.1, p.51-56, 1977.

VINCENT, I.C.; HILL, R.; CAMPLING, R.C. A note on the use of rapeseed, sunflower and soya-bean meals as protein sources in compound foods for milking cattle. **Animal Production**, v.50, n.3, p.541-543, 1990.

VITTI, D.M.S.S.; DEL MASTRO, N.L.; KIKUCHI, O.K. et al. Electron irradiation of high fiber by-products: effects on chemical composition and digestibility. **Scientia Agrícola**, v. 55, n. 2, p.159-171.1998.

Consumo, digestibilidade total, produção de proteína microbiana e balanço de nitrogênio em dietas com subprodutos de frutas na alimentação de ruminantes

RESUMO - Objetivou-se avaliar os efeitos da inclusão da fonte (abacaxi, goiaba, mamão, manga e maracujá) e do nível (10 e 30%) de subprodutos de frutas *in natura*, na dieta de bovinos, em substituição parcial à silagem de milho sobre os consumos e as digestibilidades totais dos nutrientes, produção de proteína microbiana e balanço de nitrogênio, além da predição das frações digestíveis e nutrientes digestíveis totais destes subprodutos. Todos os animais receberam silagem de milho e foi utilizada a mistura uréia/sulfato de amônio (9:1) para que as rações se mantivessem isoprotéicas. Os consumos de matéria seca (MS) (kg/dia), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN) e nutrientes digestíveis totais (NDT), além da digestibilidade da PB, extrato etéreo (EE) e carboidratos não fibrosos (CNF) foram afetados ($P < 0,05$) pela fonte do subproduto. Houve efeito ($P < 0,05$) para o nível de inclusão dos subprodutos na digestibilidade da PB e EE. Os subprodutos de mamão, manga e abacaxi apresentaram valor energético 23,1; 18,0 e 7,1%, respectivamente, superior à silagem de milho. A fonte do subproduto influenciou ($P < 0,05$) nas excreções urinárias de derivados de purinas totais, purinas absorvidas e nitrogênio microbiano, além da ingestão (g/dia), a excreção nas fezes e na urina (g/dia) dos compostos nitrogenados e o balanço de nitrogênio (g/dia). O nível de inclusão do subproduto na dieta afetou ($P < 0,05$) as excreções urinárias de derivados de purinas totais, purinas absorvidas e nitrogênio microbiano. Os subprodutos de abacaxi sem coroa, mamão e manga têm valor energético superior à silagem de milho e podem substituir parcialmente concentrados energéticos nas dietas de ruminantes, sem prejuízos sobre o consumo, digestibilidade, eficiência microbiana e retenção de nitrogênio. O subproduto de maracujá tem potencial para substituir, parcialmente, volumosos nas dietas de ruminantes, desde que respeitado os níveis de EE. O subproduto de goiaba apresenta limitações para uso em dietas de ruminantes.

PALAVRAS-CHAVE: alimento alternativo, resíduos agroindustriais, valor nutritivo

Intake, total digestibility, microbial protein production and the nitrogen balance in diets with fruit by-products in ruminants feeding

ABSTRACT - This study aimed to evaluate the effects of inclusion of the source (pineapple, guava, papaya, mango and passion fruit) and the level (10 and 30%) of by-products of fruit in natura, in the diet of cattle, replacing part of corn silage on intake and total digestibility of nutrients, microbial protein production and the nitrogen balance, in addition to the prediction of digestible fractions and total digestible nutrients of these products. All animals received corn silage and the mixture was used urea / ammonium sulfate (9:1) for the remaining isonitrogenous diets. The intakes of dry matter (DM) (kg / day), organic matter (OM), crude protein (CP), neutral detergent fiber (NDF) and total digestible nutrients (TDN), and the digestibility of CP, non-fibrous carbohydrates (NFC) and ether extract (EE) were affected ($P < 0.05$) by the source of the by-product. There was an effect ($P < 0.05$) for the level of inclusion of products in the digestibility of CP and EE. The byproducts of papaya, mango and pineapple showed energy 23.1, 18.0 and 7.1% respectively, higher than the corn silage. The source of the by-product influenced ($P < 0.05$) in urinary excretion of derived from total purine, purine absorbed and microbial nitrogen, in addition to the intake (g/day), the excretion in feces and urine (g/day) of nitrogen compounds and nitrogen balance (g/day). The level of inclusion of the by-product in the diet affect ($P < 0.05$) the urinary excretion of derived from total purine, purine absorbed and microbial nitrogen. The by-products of pineapple without crown, papaya and mango are higher than the energy value of corn silage and can partially replace energy concentrates in the diets of ruminants, with no damage on the intake, digestibility, microbial efficiency and nitrogen retention. The by-product of passion has the potential to partial roughage substitutes in the diets of ruminants, provided that observed levels of EE. The by-product of guava has limitations for use in diets of ruminants.

KEYWORDS: alternative food, agro-industrial waste, nutritional value.

1. Introdução

O Brasil está entre os três maiores produtores mundiais de frutas. A fruticultura brasileira representa 11,5% do produto interno bruto (PIB) agrícola e 0,625% do PIB nacional (MAPA, 2007). Parte da produção de frutas se destina às agroindústrias para fabricação de sucos e polpas. No mercado do setor de bebidas não-alcoólicas, o de sucos e polpas de frutas mostra-se em constante ascensão pela preferência do consumidor por alimentos saudáveis e funcionais (Carvalho et al., 2005).

Subprodutos das frutas, gerados no processo de industrialização para fabricação de sucos e polpas, não têm mercado definido para a sua comercialização. Além disso, esses são produzidos em larga escala, em determinadas épocas do ano, uma vez que a industrialização está atrelada à safra (Jobim et al., 2006).

As frutas tropicais normalmente apresentam maiores perdas durante o processamento para fabricação de sucos e polpas, devido à sua maior suscetibilidade a danos na colheita, transporte e manejo pós-colheita (Chitarra, 1994), pois, se componentes orgânicos estragados forem incorporados ao suco, esses alteram o sabor e aparência do produto final. Pelas estimativas da FAO (1994), nos países em desenvolvimento, como é o caso do Brasil, as perdas pós-colheita de frutas frescas são estimadas na ordem de 20 a 50%.

Segundo Ferreira et al. (2004), cerca de 77,5% da produção de abacaxi constitui-se das cascas, das folhas, dos caules, das coroas e dos frutos descartados. De acordo com Arraes (2000), a goiaba apresenta rendimento de suco de 75%, gerando cerca de 25% de subprodutos. Os subprodutos de manga, gerados durante a fabricação de suco, correspondem de 40 a 60% da fruta (Porrás, 1989). Para Ferrari et al. (2004), durante o processamento do maracujá *in natura*, apenas 23,2% são aproveitados para suco.

No entanto, apesar de alguns subprodutos apresentarem potencial para uso na alimentação de ruminantes, deve-se considerar que o valor nutritivo destes subprodutos não é constante. Alterações nos processos de beneficiamento das indústrias, qualidade dos frutos, diferenças na constituição dos subprodutos e principalmente, a inclusão maior ou menor de cascas em relação às sementes, podem resultar em diferentes qualidades de subprodutos.

Neste contexto, devido à disponibilidade, baixo custo e dos resultados apresentarem potencial para uso na alimentação de ruminantes, cresce a busca por informações sobre a qualidade e a viabilidade do uso de subprodutos do processamento de frutas no Brasil.

Este trabalho foi realizado objetivando-se avaliar os efeitos da inclusão da fonte e do nível de subprodutos de frutas *in natura* na dieta, em substituição parcial à silagem de milho, sobre os consumos e as digestibilidades totais dos nutrientes, produção de proteína microbiana e balanço de nitrogênio, além da predição das frações digestíveis e nutrientes digestíveis totais destes subprodutos.

2. Material e Métodos

2.1 - Local

O trabalho foi conduzido no Departamento de Zootecnia, do Centro de Ciências Agrárias, da Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa, Minas Gerais e a fase de campo foi realizada no período de junho a julho de 2006.

2.2 - Descrição dos Subprodutos

Fizeram parte dos subprodutos, frutas impróprias para o processamento, além de casca e das sementes descartadas durante o processamento da polpa da fruta. Também,

durante o despulpamento e acabamento final do suco, existem peneiras que retêm a parte fibrosa das frutas gerando mais subprodutos. A fruta do abacaxi não continha coroa.

Os subprodutos utilizados foram de abacaxi, goiaba, mamão, manga e maracujá, oriundos do processamento para produção de sucos de frutas. A composição química da silagem de milho e dos subprodutos de frutas encontra-se na Tabela 1.

Tabela 1. Composição química da silagem de milho e dos subprodutos de frutas

Item	Silagem de Milho	Abacaxi	Goiaba	Mamão	Manga	Maracujá
MS ¹	24,10	13,91	28,56	10,07	34,50	19,53
MO ²	92,96	95,27	98,61	94,93	97,61	96,32
PB ²	6,09	7,09	8,62	14,80	5,05	9,97
PIDN ³	22,01	50,49	26,77	86,87	79,17	17,98
PIDA ³	12,27	44,38	18,85	27,41	22,64	7,70
EE ²	2,07	0,78	7,68	7,28	4,00	12,20
FDNcp ²	56,07	60,20	72,96	29,38	32,55	54,77
CNF ²	28,73	27,20	9,35	43,48	56,01	19,38
FDA ²	31,52	34,11	59,74	32,74	23,78	42,70
LIG ²	5,17	3,71	22,10	7,74	7,25	7,79

1 %, 2 % na MS, 3 % na PB

MS = matéria seca, MO = matéria orgânica, PB = proteína bruta, PIDN = proteína insolúvel em detergente neutro, PIDA = proteína insolúvel em detergente ácido, EE = extrato etéreo, FDNcp = fibra em detergente neutro livre de cinza e proteína, CNF = carboidratos não fibrosos, FDA = fibra em detergente ácido e LIG = lignina.

Estes subprodutos foram coletados nas indústrias de sucos da Região de Ubá (MG), ensacados e armazenados em câmara fria sob temperatura de -20°C. Quarenta e oito horas antes do fornecimento aos animais, os sacos contendo os subprodutos foram descongelados em temperatura ambiente.

Apenas o subproduto de manga foi submetido ao processamento, que constou de pré-secagem (\pm 4 horas) ao sol e trituração grosseira em desintegradora de forragem

para quebra do endocarpo. Os demais subprodutos foram fornecidos aos animais da mesma forma que eram descartados pelas indústrias.

2.3 – Dietas e animais

Todos os animais receberam silagem de milho, sendo utilizada a mistura uréia/sulfato de amônio (9:1) para que as rações se mantivessem isoprotéicas. As proporções dos ingredientes e composição química das dietas estão apresentadas na Tabela 2.

As dietas foram calculadas para conterem 10 e 30% dos subprodutos na base da MS. Cada tratamento foi representado por uma fonte e nível de subproduto na dieta. Contudo, em virtude da variação na composição dos subprodutos, o nível de inclusão obtido ficou um pouco diferente do pré-estabelecido.

Tabela 2. Proporção dos ingredientes e composição química das dietas, expressas na base da matéria seca

Item	Dieta com inclusão do subproduto de (%)									
	Abacaxi		Goiaba		Mamão		Manga		Maracujá	
	12,03	34,29	11,64	33,67	11,75	33,93	12,01	34,55	11,71	31,37
	Proporção dos ingredientes (%)									
Silagem de milho	84,86	62,51	84,90	63,25	85,41	63,69	84,73	61,95	85,31	66,14
Uréia	1,90	1,98	2,21	1,87	1,66	1,24	2,03	2,25	1,78	1,34
Sulfato de amônia	0,21	0,22	0,25	0,21	0,18	0,14	0,23	0,25	0,20	0,15
Sal mineral ¹	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	Composição química (%)									
PB	11,34	11,78	12,36	11,99	11,59	12,37	11,45	11,82	11,35	10,91
EE	1,85	1,56	2,65	3,90	2,62	3,79	2,23	2,66	3,19	5,20
FDNcp	54,82	55,69	56,10	60,03	51,34	45,68	51,42	45,98	54,25	54,27
CNF	27,65	27,29	25,48	21,32	29,65	33,05	31,07	37,15	26,78	25,08

PB = proteína bruta, EE = extrato etéreo, FDNcp = fibra em detergente neutro livre de cinza e proteína e CNF = carboidratos não fibrosos.

¹ Composição: 176 g de cálcio; 88 g de fósforo; 110 g de sódio; 5 g de magnésio; 12 g de enxofre; 130 mg de cobalto; 1200 mg de cobre; 130 mg de iodo; 1200 mg de manganês; 15 mg de selênio; 4000 mg de zinco; 1200 mg de ferro e 880 mg flúor (máximo).

As dietas foram fornecidas duas vezes ao dia, às 6h00 (60% da oferta) e 15h30 (40% da oferta), de forma a permitir consumo *ad libitum* (sobras de 5-10% da quantidade fornecida). A quantidade de alimento fornecida foi ajustada diariamente, a partir do consumo observado no dia anterior, e as sobras foram amostradas e pesadas diariamente.

Foram utilizadas 20 novilhas, nelores e aneloradas, em fase de crescimento, com peso vivo (PV) médio inicial de 264 ± 35 kg. Antes de se iniciar o experimento, todos os animais foram pesados, identificados, tratados contra ecto e endoparasitas. Após a primeira pesagem, efetuou-se a distribuição dos animais de forma casualizada em cada tratamento.

Os animais foram mantidos em regime de confinamento, alojados em baias individuais cobertas, com piso de concreto revestido de borracha, de 3 x 3 m de área dotadas de comedouros de alvenaria e bebedouros individuais.

2.4 - Determinação dos coeficientes de digestibilidade e valor energético dos subprodutos

O consumo, os coeficientes de digestibilidades, a síntese de proteína microbiana e o balanço de nitrogênio foram avaliados em dois períodos experimentais. Em cada um dos dois períodos avaliaram-se cinco subprodutos, com duração de 15 dias, sendo 12 dias de adaptação e três dias de coleta total de fezes, registrando-se a quantidade total excretada por animal. Durante a pesagem das fezes e após homogeneização, foram retiradas alíquotas de aproximadamente 5%, para posterior confecção das amostras compostas de cada animal. Durante o período de coleta de fezes, foram registradas as quantidades de alimento consumido diariamente, coletando-se amostras dos alimentos

oferecidos por tratamento e das sobras por animal. Ao final do período experimental todos os animais foram pesados.

As amostras de alimentos, sobras e fezes foram devidamente armazenadas (-20°C) para posteriores análises laboratoriais.

Os coeficientes de digestibilidades da proteína bruta, do extrato etéreo, da fibra em detergente neutro e dos carboidratos não-fibrosos de cada subproduto foram estimados a partir dos coeficientes médios de digestibilidade das dietas específicas de cada tratamento, por sistema de equações lineares (Silva e Leão, 1979).

2.5 – Determinação da composição química

Todos os subprodutos coletados foram submetidos à pré-secagem a 60°C durante 72 horas e moídos em moinho de facas com peneira de porosidade de 1 mm de diâmetro, para posteriores análises do conteúdo de matéria seca (MS) (ID 934.01), proteína bruta (PB) (ID 984.13), matéria orgânica (MO) (ID 942.05), extrato etéreo (EE) (ID 920.39) e fibra em detergente ácido (FDA) (ID 973.18), conforme os métodos do AOAC (1990).

Nas análises de fibra em detergente neutro (FDN), as amostras foram tratadas com alfa-amilase termo-estável, sem o uso de sulfito de sódio e corrigidas para cinzas residuais (Mertens, 1992). A correção da FDN e FDA para os compostos nitrogenados e a estimativa dos conteúdos de compostos nitrogenados insolúveis nos detergentes neutro (NIDN) e ácido (NIDA) foram feitas conforme Licitra et al. (1996). Os conteúdos de lignina foram obtidos por meio da solubilização da celulose pelo ácido sulfúrico (Van Soest e Robertson, 1985).

Os conteúdos de carboidratos não fibrosos (CNF) dos subprodutos, expressos em % na MS, foram calculados de acordo com Hall (2000) como $100 - (\%FDN + \%PB +$

%EE + %MM) e os nutrientes digestíveis totais (NDT) foram calculados como: $NDT = \%PB_{digestível} + \%FDN_{digestível} + \%CNF_{digestível} + 2,25 * \%EE_{digestível}$.

2.6 – Produção de proteína microbiana e balanço de nitrogênio

As coletas totais de urina foram feitas nos mesmos dias das coletas de fezes, durante 72 horas consecutivas, utilizando-se cateteres de Folley número 22, duas vias, com balão de 30 mL. Na extremidade livre da sonda, foi adaptada mangueira de polietileno, pela qual a urina foi conduzida até recipientes de plástico com tampa, contendo 500 mL de ácido sulfúrico a 20%.

Ao término de cada período de 24 horas de coleta, pesou-se o galão, homogeneizou-o e então, coletaram-se amostras de 10 mL em proveta graduada, pesou-a, para determinação da densidade da urina e posteriormente, com o peso total do galão menos sua tara e a densidade da urina, determinou-se o volume total excretado em litros. Em seguida, coletaram-se amostras de 10 mL, que foram diluídas com 40 mL de ácido sulfúrico 0,036N, para evitar destruição bacteriana dos derivados de purina urinários e precipitação do ácido úrico. Outra amostra de 120 mL de urina foi coletada sem proceder à diluição para quantificação da uréia e nitrogênio total. Devidamente identificadas, as amostras foram armazenadas a -15°C, para posteriores análises laboratoriais.

Nas amostras de urina diluída, foram realizadas as análises dos derivados de purinas (alantoína e ácido úrico) pelo método colorimétrico, conforme técnica de Fujihara et al. (1987), descrita por Chen e Gomes (1992).

A excreção total de DP foi calculada pela soma das quantidades de alantoína e ácido úrico excretado na urina, expressas em mmol/dia.

As purinas microbianas absorvidas (Pabs, mmol/dia) foram calculadas a partir da excreção de derivados de purinas na urina (DP, mmol/dia), por intermédio da equação:

$$P_{abs} = \frac{DP - 0,385 * PV^{0,75}}{0,85}$$

em que 0,85 é a recuperação de purinas absorvidas como derivados urinários de purinas e 0,385 PV^{0,75}, a contribuição endógena para a excreção de purinas (Verbic et al., 1990).

O fluxo intestinal de compostos nitrogenados microbianos (Nmic, g N/dia) foi calculado em função das purinas microbianas absorvidas (Pabs, mmol/dia), utilizando-se a equação:

$$Nmic = (70 * Pabs) / (0,83 * 0,116 * 1000),$$

em que 70 representa o conteúdo de N nas purinas (mg N/mmol); 0,83, a digestibilidade das purinas microbianas; e 0,116, a relação N purina:N total dos microrganismos ruminais (Chen e Gomes, 1992).

2.7 - Análise estatística dos dados

Os subprodutos de frutas foram combinados em dois níveis (10 e 30% na matéria seca), com quatro repetições para cada nível, a partir de um delineamento em reversão simples com fator adicional, cujo modelo estatístico encontra-se a seguir:

$$Y_{ijkl} = \mu + F_i + N_j + P_k + FN_{ij} + A_{(i)l} + e_{ijkl}$$

em que: Y_{ijkl} = é a observação referente à i-ésima fruta, j-ésimo nível, k-ésimo período e l-ésimo animal dentro de fruta;

μ = média geral;

F_i = efeito relativo ao subproduto de fruta i, i = 1, 2, 3, 4 e 5;

N_j = efeito relativo ao nível de inclusão do subproduto de fruta j, j = 1 e 2;

P_k = efeito relativo ao período k, k = 1 e 2;

FN_{ij} = efeito da interação entre subproduto de fruta i e o nível de inclusão da fruta j;

$A_{(i)l}$ = efeito relativo ao animal l, aninhado à fruta i, l = 1, 2, 3 e 4;

e_{ijkl} = erro aleatório, associado a cada observação, pressuposto NID $(0, \sigma^2)$

Os mesmos quatro animais foram utilizados nos dois níveis do subproduto no mesmo período, sendo que no segundo período, os animais alimentados com dietas contendo menor nível do subproduto receberam o nível maior, enquanto, aqueles que receberam nível maior de subproduto na ração no período anterior, receberam no segundo período nível menor.

Foram avaliados os consumos e as digestibilidades dos nutrientes, a síntese de proteína microbiana e o balanço de nitrogênio. Foram realizadas análises de variância, aplicando-se o teste F. Para as variáveis cujo teste F foi significativo, compararam-se as médias estudadas, utilizando-se o teste Tukey a 5% de probabilidade. Os procedimentos estatísticos foram realizados com auxílio do programa *Statistical Analysis System* (SAS Institute, 2000).

3. Resultados e Discussão

3.1 - Consumo de nutrientes

As médias referentes aos consumos dos nutrientes, seus respectivos coeficientes de variação e os valores da significância para os tratamentos e suas interações constam na Tabela 3. Os consumos de MS (kg/dia), MO, PB e NDT foram afetados ($P < 0,05$) pela fonte do subproduto de fruta incluso na dieta. Os maiores ($P < 0,05$) consumos de MS (kg/dia) e NDT foram observados em animais que ingeriram dietas com subproduto de mamão em relação às dietas contendo subproduto de goiaba e maracujá, independente dos níveis de inclusão destes subprodutos na dieta.

Tabela 3. Médias, significância e coeficiente de variação obtidas para o consumo em função da fonte (S) e dos níveis (N) de inclusão dos subprodutos nas dietas

Item	Dieta com inclusão do subproduto de					Nível (%)		Valor P			CV (%)
	Abacaxi	Goiaba	Mamão	Manga	Maracujá	10	30	S	N	S x N	
Consumo (kg/dia)											
MS	4,93ab	4,57b	5,19a	4,71ab	4,65b	4,79	4,84	0,0135	0,6221	0,1810	6,8
MO	4,48ab	4,19b	4,71a	4,30ab	4,26ab	4,32	4,46	0,0272	0,1848	0,1597	6,9
PB	0,64ab	0,59b	0,69a	0,61b	0,57b	0,63	0,61	0,0021	0,1280	0,3202	7,9
EE	0,23	0,29	0,30	0,28	0,34	0,26	0,31	<0,0001	<0,0001	0,0038	7,5
FDN _{cp}	2,84a	2,74a	2,66ab	2,39b	2,60ab	2,65	2,65	0,0029	0,9954	0,0895	7,0
CNF	0,77	0,57	1,06	1,02	0,75	0,78	0,89	<0,0001	0,0049	0,0010	12,5
NDT	3,48ab	2,97b	3,76a	3,29ab	3,22b	3,28	3,41	0,0039	0,4989	0,1454	8,6
Consumo (g/kg PV)											
MS	1,75	1,88	1,89	1,82	1,93	1,84	1,87	0,1028	0,4617	0,4043	7,1
FDN _{cp}	1,01bc	1,13a	0,97bc	0,92c	1,08ab	1,02	1,02	0,0006	0,7465	0,0892	7,4
Consumo (g/kgPV ^{0,75})											
MS	71,58	74,14	76,70	72,82	76,00	73,67	74,82	0,2890	0,4913	0,3341	6,9

MS = matéria seca, MO = matéria orgânica, PB = proteína bruta, EE = extrato etéreo, FDN = fibra em detergente neutro, CNF = carboidratos não fibrosos, CT = carboidratos totais e NDT = nutrientes digestíveis totais.

Médias, nas linhas, seguidas de letras diferentes são diferentes ($P < 0,05$) pelo teste Tukey.

O menor consumo de MS e MO ($P < 0,05$) pelos animais que receberam dietas com subproduto de goiaba, em relação às dietas com subproduto de mamão, pode ter sido consequência do baixo poder de apreensão do subproduto pelas novilhas, da baixa homogeneidade com a silagem de milho e também da maior concentração de lignina presente entre os subprodutos (22,10% de lignina na MS). Isto provocou acúmulos do subproduto nas extremidades do cocho, devido à umidade e à densidade específica, e, como consequência, demandou manejo específico para uniformização da mistura com a silagem de milho para este tratamento.

Lousada Junior et al. (2005), utilizando dietas exclusivas com subproduto de goiaba de forma desidratada na dieta de ovinos, observaram consumo de 4,4 g/kg PV (106,8 g/kg PV^{0,75}) na MS total, indicando boa palatabilidade.

A falta de uniformidade do tamanho das partículas e a dificuldade de homogeneização com a silagem de milho entre as fontes de subprodutos foi um fator

que possibilitou seleção dos alimentos na dieta pelos animais e conseqüentemente, interferiu ($P<0,05$) no consumo de PB pelos animais. Os animais consumindo dietas com subproduto de mamão diferiram ($P<0,05$) daqueles recebendo dietas com subprodutos de goiaba, manga e maracujá. Os animais que receberam dietas com subproduto de maracujá consumiram em média 8% a menos de PB em relação à dieta com subproduto de mamão, na qual os animais consumiram dietas com maior quantidade de PB (0,69 kg/dia).

Os maiores ($P<0,05$) consumos de FDN, quando expressos em kg/dia, foram observados em animais consumindo dietas com os subprodutos de abacaxi e de goiaba, em relação às dietas contendo subproduto de manga, independente dos níveis de inclusão na dieta. Contudo, quando expresso em g/kg PV, os consumos de FDN para as dietas com subprodutos de goiaba e maracujá não diferiram ($P>0,05$) entre si, mas diferiram das dietas com subprodutos de manga, entretanto as dietas com subproduto de maracujá também não diferiram ($P>0,05$) daquelas com subprodutos de abacaxi e mamão.

Houve interação ($P<0,05$) entre a fonte e o nível de inclusão do subproduto de fruta na dieta para os consumos de EE e CNF (Tabela 4). Avaliando o nível de inclusão de 30% dos subprodutos de frutas nas dietas, os animais consumiram mais EE nas dietas com subproduto de mamão e maracujá ($P<0,05$) em relação às dietas contendo subproduto de abacaxi. O subproduto de maracujá foi o de maior concentração de EE, com 12,20% na MS e a semente é o componente deste subproduto que mais contribuiu nas concentrações de EE, pois, de acordo com Togashi et al. (2007) apresentam concentrações de 24,5% na MS. Desta forma, no nível de 30% de inclusão, a dieta com subproduto de maracujá teve o maior consumo de EE, a qual proporcionou concentração de 7,9% de EE na MS diferindo ($P<0,05$) das dietas com subproduto de

abacaxi, goiaba e manga. De acordo com o NRC (2001), o total de EE na dieta não deve ultrapassar 6 a 7% na MS, pois pode interferir na fermentação ruminal, na digestibilidade da fibra e na taxa de passagem.

Quando se incluiu 10% de subprodutos nas dietas, não houve diferença ($P>0,05$) para os consumos de EE.

Tabela 4. Valores médios para consumo de extrato etéreo e carboidratos não fibrosos em novilhas alimentadas com dietas com diferentes fontes e níveis de inclusão de subproduto de frutas

Nível (%)	Dietas com inclusão do subproduto de				
	Abacaxi	Goiaba	Mamão	Manga	Maracujá
	Extrato etéreo, kg/dia				
10	0,24	0,26B	0,27B	0,26	0,29B
30	0,22c	0,32bA	0,33abA	0,30b	0,38aA
	Carboidratos não fibrosos, kg/dia				
10	0,84ab	0,59b	0,93a	0,83abB	0,70ab
30	0,69b	0,54b	1,19a	1,22aA	0,80b

Letras minúsculas comparam as médias nas linhas e maiúsculas nas colunas pelo teste Tukey ($P<0,05$).

Dentro de cada fonte do subproduto de fruta, houve interferência ($P<0,05$) do nível de inclusão para as dietas com subproduto de goiaba, mamão e maracujá, sendo que nos níveis de 30%, os animais consumiram mais EE devido à maior concentração de EE nestes subprodutos em comparação à silagem de milho.

No nível de inclusão de 10% dos subprodutos de frutas nas dietas, os animais consumiram mais CNF nas dietas com subproduto de mamão em relação à dietas com subproduto de goiaba, contudo os valores não diferiram ($P>0,05$) dos valores médios observados para as dietas com os subprodutos de abacaxi, manga e maracujá.

No nível de inclusão 30%, os animais consumiram mais CNF nas dietas com subproduto de mamão e manga, consequência das maiores proporções de CNF nessas dietas, com concentrações de 22,72 e 25,11% na MS, respectivamente.

Dentro de cada fonte do subproduto, houve efeito ($P < 0,05$) do nível de inclusão para as dietas contendo subproduto de manga, sendo que nos níveis de 30%, os animais consumiram mais CNF, isto porque o subproduto de manga apresentou 95% mais CNF na sua composição do que a silagem de milho.

3.2 – Coeficiente de digestibilidade dos nutrientes

Encontram-se na Tabela 5 as digestibilidades dos nutrientes, seus respectivos coeficientes de variação e os valores da significância para os tratamentos e suas interações. A fonte do subproduto de fruta afetou ($P < 0,05$) a digestibilidade da PB, EE e CNF, independente do nível de inclusão dos subprodutos de fruta na dieta. A digestibilidade da PB foi maior ($P < 0,05$) para as dietas com subproduto de abacaxi, em relação às dietas com subproduto de goiaba, manga e maracujá.

Os resultados observados por Ferreira (2005) registraram valores variando entre 37,3 a 45,1% para digestibilidade da PB com ovinos recebendo capim elefante ensilado com níveis crescentes (0; 3,5; 7,0; 10,5 e 14%) do subproduto do abacaxi. Lousada Junior et al. (2005) também observaram que a digestibilidade da PB em ovinos recebendo dieta exclusiva de subproduto de abacaxi desidratado foi baixa (29%). Atribui-se essa diferença à presença da coroa no subproduto analisado por esses autores, pois esse material é mais lignificado. As concentrações de lignina observada por Ferreira (2005) e Lousada Júnior et al. (2005), foram de 10,51 e 5,29% na MS, respectivamente, enquanto neste trabalho foi observado valor de 3,71% na MS, pois não foi incluída a coroa no subproduto do abacaxi. A presença de lignina tende aumentar à

fração indigerível, reduzindo, dessa forma, a fração potencialmente digerível (Wilson, 1994).

Tabela 5. Médias, significância e coeficiente de variação obtidos para os coeficientes de digestibilidade, nutrientes digestíveis totais (NDT) em função das fontes (S) e dos níveis (N) de inclusão dos subprodutos nas dietas

Item	Dietas com inclusão do subproduto de					Nível (%)		Valor P			CV (%)
	Abacaxi	Goiaba	Mamão	Manga	Maracujá	10	30	S	N	S x N	
MS	64,44	53,87	65,51	59,09	57,38	60,02	60,10	<0,0001	0,5027	0,0037	4,1
MO	66,45	56,43	68,08	62,43	59,74	62,42	62,83	<0,0001	0,9198	0,0020	4,2
PB	72,59a	65,02bc	70,59ab	59,50c	65,45bc	68,46	64,80	0,0002	0,0092	0,0730	5,9
EE	88,51ab	87,71ab	91,13a	92,22a	85,05b	90,34	87,50	0,0059	0,0293	0,3370	3,6
FDN _{cp}	63,00	53,47	62,06	56,42	58,69	58,99	58,47	0,0008	0,4675	0,0085	5,4
CNF	66,65ab	60,37ab	73,71a	68,54ab	56,49b	64,06	66,25	0,0058	0,8845	0,6304	10,7
NDT	68,49	64,81	72,29	69,45	71,24	68,61	69,90	0,0020	0,1466	0,0050	3,8

MS = matéria seca, MO = matéria orgânica, PB = proteína bruta, EE = extrato etéreo, FDN = fibra em detergente neutro, CNF = carboidratos não fibrosos e CT = carboidratos totais.

Médias, na linha, seguidas de letras diferentes são diferentes ($P < 0,05$) pelo teste Tukey.

Para a digestibilidade do EE, os animais que consumiram dieta com subproduto de manga e mamão tiveram maior ($P < 0,05$) aproveitamento deste nutriente em relação àqueles que receberam dietas com subproduto de maracujá. Para a digestibilidade dos CNF as diferenças existentes foram entre as dietas com subproduto de mamão (73,71%) e de subproduto de maracujá (56,49%).

Houve efeito significativo ($P < 0,05$) para o nível de inclusão dos subprodutos de fruta na digestibilidade da PB e EE, independente da fonte do subproduto de fruta incluso na dieta. Tanto para a digestibilidade da PB quanto para a digestibilidade do EE, o nível de 10% de inclusão de subprodutos de fruta proporcionou maior ($P < 0,05$) aproveitamento destes nutrientes.

Houve interação ($P < 0,05$) entre a fonte e o nível de inclusão do subproduto de fruta na dieta para a digestibilidade da MS, MO e FDN (Tabela 6). Avaliando o nível de

inclusão de 30% dos subprodutos de frutas nas dietas, os animais que consumiram dietas com subproduto de abacaxi e mamão tiveram maior ($P<0,05$) digestibilidade da MS, em relação às dietas contendo subproduto de goiaba e maracujá, enquanto os que consumiram dietas com subproduto de abacaxi, mamão e manga tiveram maior ($P<0,05$) digestibilidade da MO, em relação às dietas contendo subproduto de goiaba.

Tabela 6. Valores médios para digestibilidade da matéria seca, matéria orgânica, fibra em detergente neutro e nutrientes digestíveis totais em novilhas alimentadas com dietas com diferentes fontes e níveis de inclusão de subproduto de frutas

Nível (%)	Dietas com inclusão do subproduto de				
	Abacaxi	Goiaba	Mamão	Manga	Maracujá
Matéria seca, %					
10	63,69	57,25A	63,48	57,82	57,83
30	65,18ab	50,50dB	67,54a	60,37bc	56,92cd
Matéria orgânica, %					
10	64,54	60,16A	66,15	61,05	60,22
30	68,36a	52,70cB	70,02a	63,81ab	59,26bc
Fibra em detergente neutro, %					
10	61,00	58,24A	61,14	54,64	59,93
30	65,01a	48,69bB	62,99a	58,20a	57,45ab
Nutrientes digestíveis totais, %					
10	68,71	67,72	69,75	65,71	71,16
30	68,27ab	61,89b	74,83a	73,19a	71,32a

Letras minúsculas comparam as médias nas linhas e maiúsculas nas colunas pelo teste Tukey ($P<0,05$).

Também, dentro do nível de 30%, as dietas com subproduto de abacaxi, mamão e manga proporcionaram maior ($P<0,05$) digestibilidade da FDN em relação às dietas com subproduto de goiaba.

Dentro de cada fonte do subproduto de fruta, houve efeito ($P<0,05$) do nível de inclusão para as dietas com subproduto de goiaba, sendo que o nível de 30% do

subproduto proporcionou menor digestibilidade da MS, MO e FDN. Este resultado pode ser consequência da elevada porcentagem de sementes no subproduto de goiaba, as quais possuem alta densidade específica, aumentando a taxa de passagem da digesta pelo trato gastrointestinal e reduzindo a digestibilidade dos nutrientes.

Os animais que consumiram dietas com subprodutos de mamão, manga e maracujá tiveram maior ($P < 0,05$) NDT em relação à dieta com goiaba, no entanto, o NDT para as dietas com subproduto abacaxi não diferiram ($P > 0,05$) das dietas com os demais subprodutos.

Os valores de digestibilidade dos nutrientes e nutrientes digestíveis totais calculados para cada subproduto podem ser observados na Tabela 7.

Tabela 7. Coeficientes de digestibilidade aparente (%) e teor de nutrientes digestíveis totais de subprodutos de frutas

Item	Abacaxi	Goiaba	Mamão	Manga	Maracujá
PB	72,98	24,15	66,73	51,84	49,14
EE	72,10	81,81	93,17	87,50	63,14
FDNcp	76,59	19,96	68,51	67,95	47,22
CNF	70,61	28,33	85,40	82,85	43,75
NDT	71,75	33,45	82,40	79,02	56,57

PB = proteína bruta, EE = extrato etéreo, FDN = fibra em detergente neutro, CNF = carboidratos não fibrosos e NDT = nutrientes digestíveis totais.

Os subprodutos de mamão, manga e abacaxi apresentaram valor energético 23,1; 18,0 e 7,1%, respectivamente, superior ao valor observado por Magalhães (2007) para silagem de milho (66,96%). Valores semelhantes aos encontrados neste estudo foram observados por Lousada Junior et al. (2005) para o NDT dos subprodutos de goiaba e maracujá com valores de 35,7 e 52,9%, respectivamente. No entanto, estes autores

observaram valores de 45,6% de NDT para o subproduto de abacaxi, valor este bem abaixo ao valor de 71,75% observado no presente estudo e pode ter sido consequência do tipo de subproduto do abacaxi, já que a presença da coroa aumenta a concentração de FDN e lignina.

A baixa disponibilidade da PB e da FDN_{cp} do subproduto goiaba também foi constatada por Lousada Junior et al. (2005) que observaram valores de 39,5 e 17,7%, enquanto neste trabalho observaram-se valores de 24,15 e 19,96%. Como a quantidade de alimento que desaparece no rúmen é o resultado direto da competição entre as taxas de degradação e de passagem (Van Soest, 1994), e se for considerado que o valor de NIDA observado por Lousada Junior et al. (2005) foi superior ao encontrado neste trabalho, pode-se afirmar que a taxa de passagem influenciou nos resultados.

Avaliando o valor energético desses subprodutos, nota-se que aqueles de mamão, manga e abacaxi apresentaram alto potencial para substituir concentrados energéticos.

3.3 – Produção de proteína microbiana e balanço de nitrogênio

A fonte do subproduto de fruta influenciou ($P < 0,05$) nas excreções urinárias de derivados de purinas totais (DP), purinas absorvidas e nitrogênio microbiano, independente do nível de inclusão do subproduto de fruta na dieta (Tabela 8). Para a excreção de derivados de purinas totais, purinas absorvidas e compostos nitrogenados microbianos as dietas com subprodutos de mamão diferiram ($P < 0,05$) em relação às dietas com subproduto goiaba, porém, dietas com subprodutos abacaxi, manga e maracujá não diferiram ($P > 0,05$) das demais dietas.

A proporção média de alantoína foi de 89,83% em relação aos DP entre as fontes de subprodutos de fruta, valor próximo ao observado por Leal et al. (2007), utilizando

novilhas holandesas com 287 ± 49 kg de PV. No entanto, os valores de Nmic observados por estes autores (126,8 g/dia) foram superiores aos observados neste trabalho (variando de 42,83 a 59,50 g/dia) em virtude dos animais estarem consumindo maior quantidade de MS (6,74 vs 4,81 kg/dia). O mesmo aumento foi observado por Chizzotti et al. (2005) para novilhas com diferentes pesos, observando-se que os animais que consumiram mais nutrientes apresentaram maior síntese de compostos nitrogenados microbianos. De acordo com Van Soest (1994), aumentos no consumo de MS proporcionam maiores escapes de microrganismos para o duodeno. Apesar disso, Veras et al. (2007) observaram valor de 59,15 g/dia de N microbiano para novilhas pesando 255 kg e consumindo 5,25 kg de MS/dia.

Tabela 8. Valores médios para as excreções urinárias derivados de purinas totais (DP), purinas absorvidas (Pabs), compostos nitrogenados microbianos (Nmic) e eficiência microbiana (Efic) em função da fonte (S) e dos níveis de inclusão (N) do subproduto de fruta nas dietas

Item	Dietas com inclusão do subproduto de					Nível (%)		Valor P			CV (%)
	Abacaxi	Goiaba	Mamão	Manga	Maracujá	10	30	S	N	S X N	
DP ¹	80,23ab	73,75b	95,60a	89,28ab	87,65ab	79,98	90,62	0,0135	0,0191	0,7044	21,1
Pabs ¹	63,34ab	58,92b	81,83a	75,77ab	74,98ab	64,73	77,21	0,0237	0,0176	0,7095	30,1
Nmic ²	46,05ab	42,83b	59,50a	55,09ab	54,52ab	47,06	56,13	0,0237	0,0176	0,7095	30,1
Efic ³	95,49a	104,20a	105,20a	129,69a	114,09a	103,92	115,55	0,0466	0,4141	0,4547	33,2

1 mmol/dia; 2 g/dia; 3 g PBmic/kg de NDT consumido

Médias, na linha, seguidas de letras diferentes são diferentes ($P < 0,05$) pelo teste Tukey.

Para os valores de eficiência (g de PBmic/kg de NDT consumido), apesar da existência de efeito significativo ($P < 0,05$) para a fonte do subproduto de fruta no teste de Snedcor, indicando a existência de pelo menos um contraste de médias significativo, as médias entre as fontes de subprodutos de frutas não diferiram pelo teste de Tukey ($P > 0,05$). O valor médio 109,7 g de PB mic/kg de NDT, para a eficiência de síntese

microbiana foi inferior ao valor de 120 g de PB mic/kg de NDT consumido, proposto por Valadares Filho et al. (2006) como referência para condições tropicais.

A fonte de subproduto de fruta afetou ($P<0,05$) a ingestão (g/dia), a excreção nas fezes e na urina (g/dia) dos compostos nitrogenados e o balanço de nitrogênio (g/dia), independente dos níveis de inclusão do subproduto de fruta na dieta (Tabela 10).

Tabela 10. Valores médios para compostos nitrogenados ingeridos (N), excretado nas fezes e na urina, e balanço de N (BN) em novilhas alimentadas com dietas com diferentes fontes (S) e níveis (N) de inclusão de subproduto de frutas

Item	Dietas com inclusão do subproduto de					Nível (%)		Valor P			CV (%)
	Abacaxi	Goiaba	Mamão	Manga	Maracujá	10	30	S	N	S x N	
	N ingerido										
g/dia	102,96ab	94,40b	110,78a	97,44b	91,96b	101,52	97,50	0,0021	0,1281	0,3202	7,90
g/kgPV ^{0,75}	0,67	0,68	0,61	0,69	0,71	0,64	0,70	0,3242	0,0540	0,5901	13,24
	N fecal										
g/dia	26,14b	32,34b	32,69b	39,47a	32,39b	30,98	34,23	0,0038	0,0097	0,0940	10,7
g/kgPV ^{0,75}	2,56a	1,97bc	2,11bc	1,80c	2,18b	2,15	2,10	0,0015	0,1358	0,1273	9,3
	N urina										
g/dia	49,99a	53,21a	47,10a	34,35a	38,52a	43,66	45,61	0,0292	0,9025	0,2172	24,2
g/kgPV ^{0,75}	1,42	1,17	1,74	2,26	1,72	1,67	1,65	0,1291	0,9430	0,6091	44,4
	BN										
g/dia	24,55ab	8,85b	31,00a	22,16ab	18,93ab	25,66	16,53	0,0293	0,1181	0,1858	48,5
g/kgPV ^{0,75}	3,95	1,98	1,13	2,97	2,18	2,67	2,21	0,4125	0,2043	0,4400	114,8
g/kgCMS	5,13	1,56	5,79	4,52	4,34	5,25	3,28	0,0509	0,1328	0,2009	55,3

Médias, na linha, seguidas de letras diferentes são diferentes ($P<0,05$) pelo teste Tukey.

Para os consumos de N (g/dia), os maiores ($P<0,05$) valores foram observados para animais consumindo dietas com subprodutos de mamão, em relação àquelas contendo subprodutos de goiaba, manga e maracujá, sendo que os animais que estavam consumindo dietas com abacaxi não diferiram dos demais.

A excreção de N fecal, quando expressa em g/dia, foi maior ($P<0,05$) para os animais alimentados com subprodutos de manga, no entanto, quando expresso em g/kg PV^{0,75} a excreção foi maior para os animais consumindo subprodutos de abacaxi.

O balanço de nitrogênio, quando expresso em g/dia, foi influenciado ($P < 0,05$) pela fonte de subproduto na dieta, sendo que as dietas com subprodutos de mamão proporcionaram maiores retenções em termos absolutos, diferindo apenas daqueles animais alimentados com dietas recebendo subproduto de goiaba. Isto deve ter sido consequência da baixa disponibilidade de carboidratos à fermentação microbiana em dietas com subproduto de goiaba, resultando maior excreção urinária de nitrogênio (53,21 g/dia).

Segundo Van Soest (1994), quando a taxa de degradação de proteína excede a de fermentação de carboidratos, grande quantidade de compostos nitrogenados pode ser eliminada via urina. Para Silva e Leão (1979), o maior balanço de nitrogênio é consequência da melhor relação entre as fermentações protéicas e energéticas da dieta, o que deve ter ocorrido naquelas dietas com subproduto mamão.

Lousada Junior et al. (2005) não observaram diferenças no balanço de nitrogênio (g/dia) em ovinos alimentados com dietas exclusivas de abacaxi, goiaba e maracujá.

4. Conclusões

Os subprodutos de abacaxi sem coroa, mamão e manga têm valor energético superior à silagem de milho e podem substituir parcialmente concentrados energéticos nas dietas de ruminantes, sem prejuízos sobre o consumo, digestibilidade, eficiência microbiana e retenção de nitrogênio.

O subproduto de maracujá tem potencial para substituir, parcialmente, volumosos nas dietas de ruminantes, desde que respeitado os níveis de EE. O subproduto de goiaba apresenta limitações para uso em dietas de ruminantes.

5. Literatura Citada

ARRAES, G.M. Production and Processing of Tropical Fruit Juices from Brazil. **Annals of the 23rd IFM Symposium**, Havana Cuba. p.316-327, 2000.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY - AOAC. **Official Methods of Analysis**, 15th ed. AOAC International, Arlington. 1990.

CARVALHO, J.M.; MAIA, G.A.; FIGUEIREDO, R.W. et al. Bebida mista com propriedade estimulante à base de água de coco e suco de caju clarificado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas: v.25, n.4, p. 813-818, 2005.

CHEN, X.B.; GOMES, M.J. **Estimation of microbial protein supply to sheep and cattle based on urinary excretion of purine derivatives – an overview of technical details** (Occasional publication). INTERNATIONAL FEED RESOURCES UNIT. Bucksburnd: Rowett Research Institute, 1992. 21p.

CHITARRA, M.I.F. Colheita e qualidade pós-colheita de frutos. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.17, n.179, p.11-26, 1994.

CHIZZOTTI, M.L.; VALADARES FILHO, S.C.; LEÃO, M.I. et al. Casca de Algodão em Substituição Parcial à Silagem de Capim-Elefante para Novilhos. 2. Parâmetros Ruminais e Séricos, Produção Microbiana e Excreção Urinária de Compostos Nitrogenados. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, p. 2103-2111, 2005.

FAO. **Production yearbook**. Roma, v. 48, p. 164-165. (FAO STATISTICS, 125). 1994

FERRARI, R.A.; COLUSSI, F. AYUB, R.A. Caracterização de subprodutos da industrialização do maracujá – aproveitamento das sementes. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal – SP, v.26, n.1, p. 101-102, 2004.

FERREIRA, A.C.H. **Valor nutritivo de silagens à base de capim elefante com níveis crescentes de subprodutos agroindustriais de abacaxi, acerola e caju**. 2005. 157 p. Tese (Doutorado em Ciência Animal) – Escola de veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2005.

FERREIRA, A.C.H.; NEIVA, J.N.M.; RODRIGUEZ, N.M. et al. Valor nutritivo de silagens de capim elefante com níveis crescentes de subprodutos da indústria do suco do abacaxi. REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41., 2004, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: Sociedade Brasileira de Zootecnia, [2004]. CD-ROM.

FUJIHARA, T.; ØRSKOV, E.R.; REEDS, P.J. et al. The effect of protein infusion on urinary excretion of purine derivatives in ruminants nourished by intragastric nutrition. **Journal of Agricultural Science**, v.109, p.7-12, 1987.

HALL, M.B. **Neutral Detergent-Soluble Carbohydrates. Nutritional Relevance and Analysis.** University of Florida, Gainesville. 2000.

JOBIM, C. C.; CECATO, U.; BRANCO, A.F.; et al. Subprodutos da agroindústria na alimentação de bovinos. In: PEREIRA, O.G.; OBEID, J.A.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; et al. III SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM.2006. Viçosa, **Anais...** Viçosa: UFV; DZO, 2006. p 329-358.

LEAL, T.L.; VALADARES, R.F.D.; VALADARES FILHO, S.C.; et al. Variações diárias nas excreções de creatinina e derivados de purinas em novilhas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, p. 905-911, 2007.

LICITRA, G., HERNANDEZ, T.M., VAN SOEST, P.J. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. **Animal Feed Science and Technology**, v.57, p. 347–358, 1996.

LOUSADA JÚNIOR, J.E.; NEIVA, J.N.; RODRIGUEZ, N.M. et al. Consumo e digestibilidade aparente de subprodutos do processamento de frutas em ovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.2, p.659-669, 2005.

MAGALHÃES, K.A. **Tabelas brasileiras de composição de alimentos, determinação e estimativa do valor energético de alimentos para bovinos.** Viçosa, MG. 263p. Tese (Doutorado em Zootecnia), Universidade Federal de Viçosa, 2007.

MERTENS, D.R. Analysis of fiber in feeds and its use in feed evaluation and ration formulation. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE RUMINANTES, 1992, Lavras. **Anais...** Lavras: Sociedade Brasileira de Zootecnia, p.1-32. 1992.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Cadeia produtiva de frutas. Série Agronegócios.** In: BUAINAIN, A.M.; BATALHA, M.O. (Eds.) – Brasília: IICA: MAPA/SPA, v. 7, 2007. 102p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of dairy cattle.** 7.ed. Washington, D.C.: 2001. 381p.

PORRAS, F.J.Z. **Conservação do resíduo de manga (*Mangifera indica*) e seu aproveitamento na ensilagem de capim elefante (*Pennisetum purpureum*. Schum).** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa - UFV, 1989. 49p. (dissertação de Mestrado).

SAS Institute. 2000. **SAS/STAT User's guide**, Version 8. SAS Institute Inc., Cary, NC.

SILVA, J.F.C.; LEÃO, M.I. **Fundamentos da nutrição de ruminantes.** Piracicaba, Livroceres, 1979. 380 p.

TOGASHI, C.K.; FONSECA, J.B.; SOARES, R.T.N. et al. Composição em ácidos graxos dos tecidos de frangos de corte alimentados com subprodutos de maracujá. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, p. 2063-2068, 2007.

VALADARES FILHO, S.C.; PAULINO, P.V.R; MAGALHÃES, K.A. (Eds.) **Exigências nutricionais de zebuínos e tabelas de composição de alimentos BR-Corte**. 1.ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2006. 142p.

VAN SOEST, P.J. (1994). **Nutritional ecology of the ruminant**. Washington, Cornell University Press, 476 p.

VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B. **Analysis of forages and fibrous foods**. Cornell University, Ithaca. 1985.

VERAS, R.M.L.; Valadares Filho, S.C.; VALADARES, R.F.D. et al. Balanço de compostos nitrogenados e estimativa das exigências de proteína de manutenção de bovinos Nelore de três condições sexuais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, p. 1212-1217, 2007.

VERBIC, J.; CHEN, X.B.; MACLEOD, N.A. et al. Excretion of purine derivatives by ruminants. Effect of microbial nucleic acid infusion on purine derivative excretion by steers. **Journal of Agricultural Science**, v.114, p.243-248, 1990.

WILSON, J.R. Cell wall characteristics in relation to forage digestion by ruminants: review. **Journal of Agricultural Science**, 122: 173-182, 1994.

Consumo, digestibilidade total, produção de proteína microbiana e balanço de nitrogênio em dietas com subprodutos na alimentação de ruminantes

RESUMO - Objetivou-se avaliar os efeitos da inclusão da fonte (cacau, mandioca casca, mandioca caule e farelo de glúten de milho) e do nível (10 e 30%) de subprodutos agrícolas e agroindustriais, na dieta, em substituição parcial à silagem de milho sobre os consumos e as digestibilidades totais dos nutrientes, produção de proteína microbiana e o balanço de nitrogênio, além da predição das frações digestíveis e nutrientes digestíveis totais destes subprodutos. Todos os animais receberam silagem de milho e foi utilizada a mistura uréia/sulfato de amônio (9:1) para que as rações se mantivessem isoprotéicas. Os consumos de matéria seca (MS) (em g/kg PV e g/kg PV^{0,75}) e de fibra em detergente neutro (FDN) (em g/kg PV) foram afetados (P<0,05) pela fonte de subproduto. A fonte de subproduto afetou (P<0,05) a digestibilidade do extrato etéreo (EE) e carboidratos não fibrosos (CNF). O subproduto farelo de glúten de milho apresentou valor energético 17% superior à silagem de milho, enquanto, mandioca casca, mandioca caule e cacau apresentaram valor energético 10, 19 e 38% inferior ao valor observado para silagem de milho. A fonte e o nível de subproduto não afetaram as excreções urinárias de derivados de purinas totais, purinas absorvidas, nitrogênio microbiano e eficiência microbiana. A fonte do subproduto afetou (P<0,05) a ingestão (g/kg PV^{0,75}), a excreção nas fezes (g/kg PV^{0,75}) e na urina (g/kg PV^{0,75} e g/dia) dos compostos nitrogenados e o balanço de nitrogênio (g/kg CMS). O farelo de glúten de milho e a mandioca casca são subprodutos com potencial para substituir, parcialmente, os concentrados energéticos, sem prejuízos sobre o consumo, digestibilidade, eficiência microbiana e retenção de nitrogênio. O subproduto de mandioca caule tem potencial para substituir, parcialmente, volumosos nas dietas de ruminantes. O subproduto de cacau apresenta limitações para uso em dietas de ruminantes.

PALAVRAS-CHAVE: alimento alternativo, resíduos, valor nutritivo

Intake, total digestibility, microbial protein production and the nitrogen balance in diets with agricultural and agro-industrial by-products for feed for ruminants

ABSTRACT - The objective was to evaluate the effects of inclusion of the source (cocoa, shell cassava, stalk cassava and corn gluten feed) and level (10 and 30%) of agricultural and agro-industrial by-products, diet, replacing part of corn silage on the intake and total digestibility of nutrients, microbial protein production and the nitrogen balance, in addition to the prediction of digestible fractions and total digestible nutrients of these by-products. All animals received corn silage and the mixture was used urea / ammonium sulfate (9:1) for the remaining isonitrogenous diets. The intakes of dry matter (DM) (in g/kg PV g/kg PV^{0,75}) and neutral detergent fiber (NDF) (in g/kg PV) were affected (P <0.05) by source of by-product. The source of by-product affect (P <0.05) the digestibility of ether extract (EE) and non-fibrous carbohydrates (CNF). The by-product corn gluten feed showed energy 17% higher than the corn silage, while shell cassava, cocoa and stalk cassava showed energy 10, 19 and 38% lower than the observed value for corn silage. The source and the level of by-product did not affect the urinary excretion of derived from total purine, purine absorbed, microbial nitrogen and microbial efficiency. The source of the affected product (P <0.05) at intake (g/kg PV^{0,75}), the excretion in feces (g/kg PV^{0,75}) and urine (g/kg PV^{0,75}, g/day) of nitrogen compounds and nitrogen balance (g/kg DMI). The corn gluten meal and cassava peel are products with the potential to replace, in part, the concentrated energy, without damage on the intake, digestibility, microbial efficiency and nitrogen retention. The by-product of cassava stem has the potential to partial roughage substitutes in the diets of ruminants. The by-product of cocoa has limitations for use in diets of ruminants.

KEYWORDS: alternative food, agro-industrial waste, nutritional value.

1. Introdução

A crise econômica dos Estados Unidos, o aumento da população humana mundial e do padrão de vida em países populosos como a China, além do estímulo ao uso de biocombustíveis, tem influenciado a demanda por alimentos e, sobretudo, tem exigido maior eficiência na produção animal. Contudo, a associação destes fatores tem provocado instabilidade no preço dos alimentos mais utilizados nas dietas dos animais, como milho e soja.

Esta situação tem estimulado os produtores a usar alimentos alternativos disponíveis regionalmente, para conferir maior viabilidade econômica à atividade. Existem diversos subprodutos agrícolas e das agroindústrias que apresentam potencial para serem usados na alimentação de ruminantes, mas, para isto, faz-se necessário conhecer seu valor nutricional, o que é determinado por complexa interação de seus constituintes e pela interação com os microrganismos do trato digestivo, nos processos de digestão e absorção, no transporte e na utilização dos metabólitos, além da própria condição fisiológica do animal (Prado et al., 2000).

De acordo com Silva et al. (2005), o farelo de cacau representa 10% da produção das amêndoas secas de cacau durante o processamento na indústria. Para estes autores, a inclusão de farelo de cacau em até 30% no concentrado padrão, não afetou a digestibilidade aparente da matéria seca (MS) da ração completa, em cabras em lactação. Segundo Pires et al. (2005), o farelo de cacau pode ser adicionado em até 25% da ração concentrada de novilhos mestiços em crescimento, correspondendo a 10% da MS total da dieta sem comprometimento do consumo de MS, proteína bruta (PB) e fibra em detergente neutro (FDN). Já para dietas com ovinos deslanados, Silva et al. (2007) observaram que a inclusão de farelo de cacau em até 40%, no concentrado, não afetou a digestibilidade aparente da MS da dieta.

Os subprodutos da indústria da mandioca, como a casca, constituindo-se de cepas, pontas, cascas e películas, representam 4,5% do total de mandioca processada (Cereda, 1996). Para Marques et al. (2000), a substituição do milho pelo subproduto mandioca casca, em dietas com 24% deste subproduto, não alterou o consumo de MS (2,5 g/kg PV), o ganho de peso (1,6 kg/dia) e o rendimento de carcaça (51,1%) de novilhas mestiças. Prado et al. (2000) também observaram que a mandioca casca pode substituir o milho como fonte de energia, sem alterar o desempenho de novilhas terminadas em confinamento. Já Martins et al. (2000) observaram que a mandioca casca promoveu maior digestibilidade dos nutrientes em relação ao milho, independente da fonte protéica utilizada.

Além da mandioca casca, outro subproduto da mandioca é o caule ou maniva gerado durante a colheita, em que, segundo Carvalho (1983), apenas 20% são aproveitados para o replantio, ficando no campo, 80%. São escassas as informações disponíveis sobre seu potencial para uso na alimentação animal.

No processo de beneficiamento do milho são gerados diversos subprodutos, dentre esses, o farelo de glúten de milho. Para cada 100 kg de milho em grãos, são produzidos 62 a 68 kg de amido, 3 kg de óleo; 3,2 kg de farelo de gérmen; 20 kg de glúten e 4,5 kg de farinha de glúten (Macedo et al., 2003). Estes autores, objetivando avaliar a substituição do farelo de soja pela farinha de glúten de milho em cabras leiteiras, observaram redução na produção de leite, gordura, consumo de fibra em detergente neutro e nos níveis de uréia plasmática.

No entanto, como a composição química dos subprodutos agrícolas e agroindustriais não é homogênea devido a fatores como nível tecnológico da indústria e

qualidade da mão-de-obra, entre outros, é preciso mais informações sobre a viabilidade do uso destes subprodutos na alimentação de bovinos.

Este trabalho foi realizado objetivando-se avaliar os efeitos da inclusão da fonte e do nível de subprodutos agrícolas e agroindustriais, na dieta, em substituição parcial à silagem de milho sobre os consumos e as digestibilidade totais dos nutrientes, produção de proteína microbiana e o balanço de nitrogênio, além da predição das frações digestíveis e nutrientes digestíveis totais destes subprodutos.

2. Material e Métodos

2.1 - Local

O trabalho foi conduzido no Departamento de Zootecnia, do Centro de Ciências Agrárias, da Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa, Minas Gerais e a fase de campo foi realizada no período de julho a agosto de 2006.

2.2 – Descrição dos subprodutos

Os subprodutos utilizados foram de cacau, mandioca casca, mandioca caule e farelo de glúten de milho.

O subproduto do cacau foi composto basicamente pela casca que envolve a semente (amêndoa) do cacau após seu beneficiamento industrial, mas também, continha pequenos pedaços de sementes. O subproduto mandioca casca foi composto pela cepa, ponta, casca e entrecasca da raiz de mandioca resultante da pré-limpeza para fabricação da farinha de mandioca e foi seco em secador industrial a 60°C. A mandioca caule (maniva) foi composta apenas pelo caule da planta de mandioca desprovido de folhas e foi secada em secador industrial a 60°C. O subproduto farelo de glúten de milho foi composto da parte da membrana externa do grão de milho que fica após a extração da

maior parte do amido, do glúten e do gérmen pelo processo empregado na produção do amido, ou do xarope por via úmida.

A composição química da silagem de milho e dos subprodutos agrícolas e agroindustriais encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1. Composição química da silagem de milho e dos subprodutos agrícolas e agroindustriais

Item	Silagem de Milho	Cacau	Farelo de glúten	Mandioca Casca	Mandioca Caule
MS ¹	24,10	89,34	85,76	25,56	89,98
MO ²	92,96	92,58	94,22	96,63	96,26
PB ²	6,09	14,33	21,86	3,73	5,44
PIDN ³	22,01	55,14	38,24	58,82	47,15
PIDA ³	12,27	47,46	13,26	7,41	21,34
EE ²	2,07	5,07	2,84	0,59	0,92
FDNcp ²	56,07	36,97	22,68	15,75	65,11
CNF ²	28,73	36,22	46,84	76,56	24,79
FDA ²	31,52	40,09	12,46	15,56	57,12
LIG ²	5,17	18,54	1,44	5,54	20,01

1 %, 2 % na MS, 3 % na PB

MS = matéria seca, MO = matéria orgânica, PB = proteína bruta, PIDN = proteína insolúvel em detergente neutro, PIDA = proteína insolúvel em detergente ácido, EE = extrato etéreo, FDNcp = fibra em detergente neutro livre de cinza e proteína, CNF = carboidratos não fibrosos, FDA = fibra em detergente ácido e LIG = lignina.

2.3 – Dietas e animais

Todos os animais receberam silagem de milho, sendo utilizada a mistura uréia/sulfato de amônio (9:1) para que as rações se mantivessem isoprotéicas. As dietas foram formuladas para conter 10 e 30% de subprodutos na base da MS. Cada tratamento foi representado por uma fonte e nível de subproduto na dieta. As proporções dos ingredientes e composição química das dietas encontram-se na Tabela 2.

As dietas foram fornecidas duas vezes ao dia, às 6h00 (60% da oferta) e 15h30 (40% da oferta), de forma a permitir consumo *ad libitum* (sobras de 5-10% da quantidade fornecida). A quantidade de alimento fornecida foi ajustada diariamente, a partir do consumo observado no dia anterior, e as sobras foram amostradas e pesadas diariamente.

Tabela 2. Proporção dos ingredientes e composição química das dietas, expressas na base da matéria seca

Item	Dieta com inclusão do subproduto de (%)							
	Cacau		Farelo de glúten		Mandioca casca		Mandioca caule	
	10,95	31,24	10,47	31,09	10,54	30,25	10,53	30,77
	Proporção dos ingredientes (%)							
Silagem de milho	86,78	66,30	86,86	67,50	85,82	66,19	85,96	65,94
Uréia	1,14	1,31	1,50	0,37	2,38	2,30	2,26	2,06
Sulfato de amônia	0,13	0,15	0,17	0,04	0,26	0,26	0,25	0,23
Sal mineral ¹	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	Composição química (%)							
PB	10,05	12,18	11,78	11,94	12,28	11,60	12,14	11,46
EE	2,035	2,96	2,10	2,28	1,84	1,55	1,88	1,65
FDNcp	52,71	48,73	51,08	44,90	49,78	41,88	55,05	57,01
CNF	29,90	30,36	29,86	33,95	32,72	42,18	27,31	26,57

PB = proteína bruta, EE = extrato etéreo, FDNcp = fibra em detergente neutro livre de cinza e proteína e CNF = carboidratos não fibrosos.

¹ Composição: 176 g de cálcio; 88 g de fósforo; 110 g de sódio; 5 g de magnésio; 12 g de enxofre; 130 mg de cobalto; 1200 mg de cobre; 130 mg de iodo; 1200 mg de manganês; 15 mg de selênio; 4000 mg de zinco; 1200 mg de ferro e 880 mg flúor (máximo).

Foram utilizadas 16 novilhas, nelores e aneloradas, em fase de crescimento, com peso vivo médio inicial de 280 ± 38 kg. Antes de se iniciar o experimento, todos os animais foram pesados, identificados, tratados contra ecto e endoparasitas. Após a primeira pesagem, efetuou-se a distribuição dos animais de forma casualizada em cada tratamento.

Os animais foram mantidos em regime de confinamento, alojados em baias individuais cobertas, com piso de concreto revestido de borracha, de 3 x 3 m de área dotadas de comedouros de alvenaria e bebedouros individuais.

2.4 - Determinação dos coeficientes de digestibilidade e valor energético dos subprodutos

O consumo, os coeficientes de digestibilidades, a síntese de proteína microbiana e o balanço de nitrogênio foram avaliados em dois períodos experimentais. Em cada um dos dois períodos avaliaram-se quatro subprodutos, com duração de 15 dias, sendo 12 dias de adaptação e três dias de coleta total de fezes, registrando-se a quantidade total excretada por animal. Durante a pesagem das fezes e após homogeneização, foram retiradas alíquotas de, aproximadamente, 5%, para posterior confecção das amostras compostas de cada animal. Durante o período de coleta de fezes, foram registradas as quantidades de alimento consumido diariamente, coletando-se amostras dos alimentos oferecidos por tratamento e das sobras por animal. Ao final do período experimental todos os animais foram pesados.

As amostras de alimentos, sobras e fezes foram devidamente armazenadas (-20°C) para posteriores análises laboratoriais.

Os coeficientes de digestibilidades da proteína bruta, do extrato etéreo, da fibra em detergente neutro e dos carboidratos não-fibrosos de cada subproduto foram estimados a partir dos coeficientes médios de digestibilidade das dietas específicas de cada tratamento, por sistema de equações lineares (Silva e Leão, 1979).

2.5 – Determinação da composição química

Todos os subprodutos coletados foram submetidos à pré-secagem a 60 °C durante 72 horas e moídos em moinho de facas com peneira de porosidade de 1 mm de diâmetro, para posteriores análises do conteúdo de matéria seca (MS) (ID 934.01), proteína bruta (PB) (ID 984.13), matéria orgânica (MO) (ID 942.05), extrato etéreo (EE) (ID 920.39) e fibra em detergente ácido (FDA) (ID 973.18), conforme os métodos do AOAC (1990).

Nas análises de fibra em detergentes neutro (FDN), as amostras foram tratadas com alfa-amilase termo-estável, sem o uso de sulfito de sódio e corrigido para cinzas residuais (Mertens, 1992). A correção da FDN e FDA para os compostos nitrogenados e a estimativa dos conteúdos de compostos nitrogenados insolúveis nos detergentes neutro (NIDN) e ácido (NIDA) foram feitas conforme Licitra et al. (1996). Os conteúdos de lignina foram obtidos por meio da solubilização da celulose pelo ácido sulfúrico (Van Soest e Robertson, 1985).

Os conteúdos de carboidratos não-fibrosos (CNF) dos subprodutos, expressos em % na MS, foram calculados de acordo com Hall (2000) como $100 - (\%FDN + \%PB + \%EE + \%MM)$ e os nutrientes digestíveis totais (NDT) foram calculados como: $NDT = \%PB_{digestível} + \%FDN_{digestível} + \%CNF_{digestível} + 2,25 * \%EE_{digestível}$.

2.6 – Produção de proteína microbiana e balanço de nitrogênio

As coletas totais de urina foram feitas nos mesmos dias das coletas de fezes, durante 72 horas consecutivas, utilizando-se cateteres de Folley número 22, duas vias, com balão de 30 mL. Na extremidade livre da sonda, foi adaptada mangueira de polietileno, pela qual a urina foi conduzida até recipientes de plástico com tampa, contendo 500 mL de ácido sulfúrico a 20%.

Ao término de cada período de 24 horas de coleta, pesou-se o galão, homogeneizou-o e então, coletaram-se amostras de 10 mL em proveta graduada, pesou-a, para determinação da densidade da urina e posteriormente, com o peso total do galão menos sua tara e a densidade da urina, determinou-se o volume total excretado em litros. Em seguida, coletaram-se amostras de 10 mL, que foram diluídas com 40 mL de ácido sulfúrico 0,036N, para evitar destruição bacteriana dos derivados de purina urinários e precipitação do ácido úrico. Outra amostra de 120 mL de urina foi coletada sem proceder à diluição para quantificação da uréia e nitrogênio total. Devidamente identificadas, as amostras foram armazenadas a -15°C, para posteriores análises laboratoriais.

Nas amostras de urina diluída, foram realizadas as análises dos derivados de purinas (alantoína e ácido úrico) pelo método colorimétrico, conforme técnica de Fujihara et al. (1987), descrita por Chen e Gomes (1992).

A excreção total de DP foi calculada pela soma das quantidades de alantoína e ácido úrico excretado na urina, expressas em mmol/dia.

As purinas microbianas absorvidas (P_{abs} , mmol/dia) foram calculadas a partir da excreção de derivados de purinas na urina (DP, mmol/dia), por intermédio da equação:

$$P_{abs} = \frac{DP - 0,385 * PV^{0,75}}{0,85}$$

em que 0,85 é a recuperação de purinas absorvidas como derivados urinários de purinas e $0,385 PV^{0,75}$, a contribuição endógena para a excreção de purinas (Verbic et al., 1990).

O fluxo intestinal de compostos nitrogenados microbianos (N_{mic} , g N/dia) foi calculado em função das purinas microbianas absorvidas (P_{abs} , mmol/dia), utilizando-se a equação:

$$N_{mic} = (70 * P_{abs}) / (0,83 * 0,116 * 1000),$$

em que 70 representa o conteúdo de N nas purinas (mg N/mmol); 0,83, a digestibilidade das purinas microbianas; e 0,116, a relação N purina:N total dos microrganismos ruminais (Chen e Gomes, 1992).

2.7 - Análise estatística dos dados

Os subprodutos agrícolas e agroindustriais foram combinados em dois níveis (10 e 30% na matéria seca), com quatro repetições para cada nível, a partir de um delineamento em reversão simples com fator adicional, cujo modelo estatístico encontra-se a seguir:

$$Y_{ijkl} = \mu + F_i + N_j + P_k + FN_{ij} + A_{(i)l} + e_{ijkl}$$

em que: Y_{ijkl} = é a observação referente ao i-ésimo subproduto, j-ésimo nível, k-ésimo período e l-ésimo animal dentro de subproduto;

μ = média geral;

F_i = efeito relativo ao subproduto i, i = 1, 2, 3 e 4;

N_j = efeito relativo ao nível de inclusão do subproduto j, j = 1 e 2;

P_k = efeito relativo ao período k, k = 1 e 2;

FN_{ij} = efeito da interação entre subproduto i e o nível de inclusão de subproduto j;

$A_{(i)l}$ = efeito relativo ao animal l, aninhado ao subproduto i, l = 1, 2, 3 e 4;

e_{ijkl} = erro aleatório, associado a cada observação, pressuposto NID $(0, \sigma^2)$

Os mesmos quatro animais foram utilizados nos dois níveis do subproduto no mesmo período, sendo que no segundo período, os animais alimentados com dietas contendo menor nível do subproduto receberam o nível maior, enquanto, aqueles que receberam nível maior de subproduto na ração no período anterior, receberam no segundo período nível menor.

Foram avaliados os consumos e as digestibilidades dos nutrientes, a síntese de proteína microbiana e o balanço de nitrogênio. Foram realizadas análises de variância, aplicando-se o teste F. Para as variáveis cujo teste F foi significativo, compararam-se as médias estudadas, utilizando-se o teste Tukey a 5% de probabilidade. Os procedimentos estatísticos foram realizados com auxílio do programa *Statistical Analysis System* (SAS Institute, 2000).

3. Resultados e Discussão

3.1 - Consumo de nutrientes

As médias referentes aos consumos dos nutrientes, seus respectivos coeficientes de variação e os valores da significância para os tratamentos e suas interações constam na Tabela 3. Os consumos de PB, MS (em g/kg PV e g/kg PV^{0,75}) e FDN (em g/kg PV) foram afetados ($P < 0,05$) pela fonte de subproduto, independente dos níveis de inclusão na dieta.

Observou-se que animais recebendo dietas com farelo de glúten de milho consumiram mais PB ($P < 0,05$) em relação àqueles consumindo dietas com cacau e mandioca caule. No entanto, os animais que consumiram dietas com mandioca casca não diferiram ($P > 0,05$) no consumo de PB em relação àqueles consumindo dietas com farelo de glúten e mandioca caule, e também, não houve diferenças ($P > 0,05$) entre as dietas cacau e mandioca caule para consumo de PB.

Observaram-se maiores consumos de MS para os animais que ingeriram dietas com farelo de glúten de milho em relação às dietas com os demais subprodutos, independente dos níveis de inclusão destes subprodutos na dieta. Apesar de Lassiter e Edwards (1982) relatarem que o farelo de glúten de milho possui baixa palatabilidade, Grande et al. (2003) não observaram diferenças no consumo (g/kg PV) entre

tratamentos com farelo de soja como fonte de proteína para cabritos machos e fêmeas em crescimento.

Tabela 3. Médias, significância e coeficiente de variação obtidas para o consumo em função da fonte (S) e dos níveis (N) de inclusão dos subprodutos nas dietas

Item	Dieta com inclusão do subproduto de				Nível (%)		Valor P			CV (%)
	Cacau	Farelo de glúten	Mandioca casca	Mandioca caule	10	30	S	N	S x N	
Consumo (kg/dia)										
MS	4,37	5,64	4,79	4,33	4,81	4,75	0,0007	0,4184	0,0429	11,8
MO	3,92	5,45	4,50	4,09	4,55	4,43	0,0005	0,3217	0,0458	13,3
PB	0,51c	0,72a	0,64ab	0,56bc	0,61	0,59	0,0002	0,1739	0,0663	11,7
EE	0,25	0,26	0,30	0,27	0,27	0,26	0,0661	0,2199	0,1348	13,7
FDNcp	2,38	2,69	2,42	2,70	2,58	2,52	0,1353	0,3669	0,9997	15,9
CNF	1,23	1,76	1,43	0,75	1,22	1,36	<0,0001	0,0583	0,0006	14,7
NDT	2,63	3,57	3,10	3,00	3,03	3,12	0,0981	0,6261	0,2598	20,1
Consumo (g/kg PV)										
MS	1,49b	2,21a	1,67b	1,54b	1,67	1,78	0,0002	0,3496	0,2098	14,1
FDNcp	0,81b	1,06a	0,84ab	0,96ab	0,90	0,94	0,0299	0,7046	0,7246	18,9
Consumo (g/kgPV ^{0,75})										
MS	61,65b	88,22a	68,49b	62,88b	68,78	71,84	0,0001	0,5394	0,1224	12,3

MS = matéria seca, MO = matéria orgânica, PB = proteína bruta, EE = extrato etéreo, FDN = fibra em detergente neutro, CNF = carboidratos não fibrosos, CT = carboidratos totais e NDT = nutrientes digestíveis totais.

Médias, nas linhas, seguidas de letras diferentes são diferentes (P<0,05) pelo teste Tukey.

Os animais que consumiram dietas com farelo de glúten de milho, tiveram maiores (P<0,05) consumos de FDN (g/kg PV), em relação às dietas com subproduto de cacau, contudo estes consumos não diferiram (P>0,05) daqueles com subprodutos de mandioca caule e mandioca casca.

O menor consumo de FDN para animais recebendo dietas com subproduto cacau em relação àqueles animais recebendo dietas com farelo de glúten de milho, foi consequência do menor consumo de MS total. Pires et al. (2005) observaram que nível

de 50% de farelo de cacau no concentrado de novilhas em crescimento reduziu o consumo de MS e estes autores constataram o aparecimento de feridas na pele, principalmente nos membros, região do ventre e barbela, podendo ser consequência do fator anti-nutricional presente no subproduto cacau.

A teobromina (3,7 dimetilxantina), fator anti-nutricional encontrado, sobretudo, em produtos de cacau, tem ação diurética (Alves e Bragagnolo, 2002). No presente trabalho, ao verificar o volume urinário (mL/kg de PV) dos animais recebendo dietas com subproduto de cacau, observou-se que no primeiro período (17,82 mL/kg de PV) os animais urinaram 38,4% a mais do que no segundo período, independente do nível de inclusão na dieta e que no nível de inclusão de 30% (16,67 mL/kg de PV) deste subproduto, os animais urinaram 18,8% a mais independente do período.

Houve interação ($P < 0,05$) entre a fonte e o nível de inclusão do subproduto na dieta para os consumos de MS (kg/dia), MO e CNF (Tabela 4). Avaliando o nível de inclusão de 30% de subprodutos agrícolas e agroindustriais nas dietas, os animais consumiram mais ($P < 0,05$) MS (kg/dia) e MO nas dietas com subproduto farelo de glúten de milho em relação às dietas contendo subproduto de cacau, mandioca casca e mandioca caule, sendo que estes subprodutos não diferiram entre si ($P > 0,05$).

Dentro do nível de 30% de inclusão para as diferentes fontes de subprodutos, observou-se que os animais que receberam dietas com farelo de glúten de milho consumiram mais CNF em relação aos demais subprodutos. Observou-se também, que aqueles animais recebendo subproduto cacau e mandioca casca não diferiram ($P > 0,05$) entre si, mas diferiram ($P < 0,05$) daqueles animais recebendo dietas com subproduto mandioca caule, consequência da baixa concentração de CNF (12,18% na MS) na dieta recebida por estes animais.

Tabela 4. Valores médios para consumo de matéria seca, matéria orgânica e carboidratos não fibrosos em novilhas alimentadas com dietas com diferentes fontes e níveis de inclusão de subprodutos agrícolas e agroindustriais

Nível (%)	Dietas com inclusão de			
	Cacau	Farelo de glúten	Mandioca casca	Mandioca caule
Matéria seca, kg/dia				
10	4,33	5,07	4,96	4,90
30	4,40b	6,22a	4,61b	3,76b
Matéria orgânica, kg/dia				
10	3,97	4,83	4,73	4,66
30	3,87b	6,07a	4,27b	3,51b
Carboidratos não fibrosos, kg/dia				
10	1,12	1,28B	1,49	0,96
30	1,35b	2,26aA	1,36b	0,53c

Letras minúsculas comparam as médias nas linhas e maiúsculas nas colunas pelo teste Tukey ($P < 0,05$).

Dentro de cada fonte do subproduto estudado houve interferência ($P < 0,05$) do nível de inclusão para as dietas com subproduto de farelo de glúten de milho, sendo que no nível de 30%, os animais consumiram, aproximadamente, 76% a mais CNF do que as dietas com o nível de 10%, devido a maior concentração de CNF neste subproduto em comparação à silagem de milho.

3.2 – Coeficientes de digestibilidade dos nutrientes

Encontram-se na Tabela 5 as estimativas de coeficientes de digestibilidade, seus respectivos coeficientes de variação e os valores da significância para os tratamentos e suas interações. A fonte de subproduto afetou ($P < 0,05$) a digestibilidade do EE e CNF, independente do nível de inclusão dos subprodutos agrícolas e agroindustriais na dieta. A digestibilidade do EE foi menor ($P < 0,05$) para as dietas com subproduto farelo de glúten de milho, sendo que os demais subprodutos não diferiram entre si ($P > 0,05$).

A digestibilidade dos CNF foi menor ($P<0,05$) para as dietas com subproduto cacau, sendo que os demais subprodutos não diferiram entre si ($P>0,05$). Silva et al. (2005), avaliando a digestibilidade dos nutrientes em cabras em lactação, não observaram diferenças na digestibilidade dos CNF nos níveis de 9,23 e 18,47% de farelo de cacau no concentrado, observando valores de 82,24 e 79,95%, respectivamente.

Tabela 5. Médias, significância e coeficiente de variação obtidos para os coeficientes de digestibilidade e nutrientes digestíveis totais em função da fonte (S) e dos níveis (N) de inclusão dos subprodutos nas dietas

Item	Dietas com inclusão do subproduto de				Nível (%)		Valor P			CV (%)
	Cacau	Farelo de glúten	Mandioca casca	Mandioca caule	10	30	S	N	S x N	
MS	53,04	55,85	57,08	55,26	55,70	54,91	0,4252	0,6847	0,1155	8,5
MO	55,09	60,52	60,65	59,53	59,68	58,22	0,1412	0,3468	0,0328	8,1
PB	58,82	75,66	68,96	64,40	68,93	64,98	0,1361	0,3982	0,8891	17,4
EE	92,58a	84,69b	93,32a	92,28a	92,31	89,13	<0,0001	0,0009	0,3572	2,1
FDNcp	52,42	48,82	46,42	52,13	50,56	49,34	0,5950	0,6648	0,5868	19,5
CNF	46,09b	75,78a	68,24a	67,27a	64,06	63,75	0,0127	0,3333	0,4739	8,4
NDT	58,83	63,20	64,42	64,23	63,14	62,20	0,4634	0,8046	0,1588	7,9

MS = matéria seca, MO = matéria orgânica, PB = proteína bruta, EE = extrato etéreo, FDN = fibra em detergente neutro, CNF = carboidratos não fibrosos, CT = carboidratos totais e NDT = nutrientes digestíveis totais.

Médias, na linha, seguidas de letras diferentes são diferentes ($P<0,05$) pelo teste Tukey.

Houve efeito significativo ($P<0,05$) para o nível de inclusão dos subprodutos na digestibilidade do EE, independente da fonte do subproduto incluso na dieta. O nível de 10% de inclusão de subproduto proporcionou maior ($P<0,05$) aproveitamento deste componente.

Houve interação ($P<0,05$) entre a fonte e o nível de inclusão do subproduto agrícola na dieta para os valores médios da digestibilidade da MO (Tabela 6). Avaliando o nível de inclusão de 30% dos subprodutos nas dietas, os animais que consumiram

dietas com subproduto farelo de glúten de milho tiveram maior ($P < 0,05$) digestibilidade da MO, em relação às dietas contendo subproduto cacau, porém as dietas com subproduto mandioca casca e mandioca caule não diferiram ($P > 0,05$) das demais. Além do fator anti-nutricional (teobromina) limitando o maior aproveitamento da MO em dietas com subproduto cacau, outros fatores adicionais poderiam estar relacionado com a baixa disponibilidade da PB (PIDA de 7,90% MS) aos microrganismos ruminais e também a maior taxa de passagem deste subproduto, já que a pequena granulometria poderia reduzir seu tempo de permanência no trato gastrointestinal.

Tabela 6. Digestibilidade da matéria orgânica (%) em novilhas alimentadas com dietas com diferentes fontes e níveis de inclusão de subproduto

Nível (%)	Dietas com inclusão de			
	Cacau	Farelo de glúten	Mandioca casca	Mandioca Caule
10	60,10	57,28	61,94	59,43
30	50,09b	63,77a	59,36ab	59,64ab

Letras minúsculas comparam as médias nas linhas e maiúsculas nas colunas pelo teste Tukey ($P < 0,05$).

Os valores de digestibilidade dos nutrientes e nutrientes digestíveis totais calculados para cada subproduto podem ser observados na Tabela 7. Dentre os subprodutos agrícolas e agroindustriais estudados, o de farelo de glúten de milho apresentou valor energético (NDT de 78,19%), aproximadamente, 17% superior ao valor observado por Magalhães (2007) para silagem de milho (NDT de 66,96%) e bem próximo do valor observado por Rocha Junior et al. (2003), os quais obtiveram NDT de 75,61%. No entanto, os subprodutos mandioca casca, mandioca caule e cacau apresentaram valor energético 10, 19 e 38% inferior ao valor observado por Magalhães (2007) para silagem de milho.

Tabela 7. Coeficiente de digestibilidade, em %, dos nutrientes e nutrientes digestíveis total de subprodutos

Item	Cacau	Farelo de glúten	Mandioca casca	Mandioca caule
PB	13,11	68,83	59,74	51,06
EE	82,00	64,71	82,77	85,83
FDNcp	17,56	56,65	35,28	66,69
CNF	64,90	98,54	37,15	25,80
NDT	41,23	78,19	60,30	54,37

PB = proteína bruta, EE = extrato etéreo, FDN = fibra em detergente neutro, CNF = carboidratos não fibrosos e NDT = nutrientes digestíveis totais.

Dentre os subprodutos, o cacau é originado de um processo em que a semente tem que ser aquecida a temperaturas que variam de 120 a 150°C por até 120 minutos. Em consequência disto, foi observado alto valor de PIDA (7,90% MS), baixa proteína bruta digestível (PBd = 1,9% na MS). Além disso, foi observado nas sobras que os animais tinham baixa preferência deste subproduto, assim como foi observado por Silva et al. (1999) e Silva et al. (2005). Todos estes fatores provocaram desbalanceamento protéico das dietas com subproduto cacau e possivelmente interferiram na população microbiana tanto quantitativamente como qualitativamente para degradar a FDN das dietas com este subproduto que apresentou digestibilidade de 17,56%.

3.3 – Produção de proteína microbiana e balanço de nitrogênio

A fonte de subprodutos agrícolas e agroindustriais não influenciou ($P>0,05$) nas excreções urinárias derivados de purinas totais, purinas absorvidas, nitrogênio microbiano e eficiência microbiana, independente no nível de inclusão do subproduto na dieta (Tabela 8).

Observou-se que os valores de eficiência microbiana obtidos para as dietas, independente do nível de inclusão do subproduto e os valores observados em cada nível de inclusão, independente da fonte de subproduto foi de 122,94 g PBmic/kg de NDT, enquanto o valor médio sugerido por Valadares Filho et al (2006) é de 120 g PBmic/kg de NDT como referência a zebuínos em condições tropicais.

Tabela 8. Valores médios para as excreções urinárias derivados de purinas totais (DP), purinas absorvidas (Pabs), compostos nitrogenados microbianos (Nmic) e eficiência microbiana (Efic) em função da fonte (S) e dos níveis de inclusão (N) do subproduto nas dietas

Item	Dietas com inclusão do subproduto de				Nível (%)		Valor P			CV (%)
	Cacau	Farelo de glúten	Mandioca casca	Mandioca caule	10	30	S	N	S x N	
DP ¹	94,71	109,63	110,30	103,72	104,08	105,10	0,1640	0,7207	0,5697	19,7
Pabs ¹	79,65	99,84	98,19	91,10	90,68	93,71	0,1290	0,4932	0,6203	26,4
Nmic ²	57,91	72,59	71,39	66,23	65,93	68,13	0,1290	0,4932	0,6203	26,4
Efic ³	126,53	117,07	119,47	128,69	123,09	122,79	0,8812	0,7623	0,5915	26,7

1 mmol/dia; 2 g/dia; 3 g PBmic/kg de NDT consumido

Médias, na linha, seguidas de letras diferentes são diferentes (P<0,05) pelo teste Tukey.

O nível de inclusão também não afetou (P>0,05) as variáveis apresentadas na Tabela 8, independente da fonte do subproduto na dieta.

A fonte do subproduto afetou (P<0,05) a ingestão (g/dia e g/kg PV^{0,75}), a excreção nas fezes (g/kg PV^{0,75}) e na urina (g/kg PV^{0,75} e g/dia) dos compostos nitrogenados e o balanço de nitrogênio (g/dia e g/kg CMS), independente dos níveis de inclusão do subproduto na dieta (Tabela 10). Observou-se que animais recebendo dietas com farelo de glúten de milho consumiram mais N (g/dia) (P<0,05) em relação àqueles consumindo dietas com cacau e mandioca caule. No entanto, os animais que consumiram dietas com mandioca casca não diferiram (P>0,05) no consumo de N (g/dia) em relação àqueles consumindo dietas com farelo de glúten e mandioca caule, e

também, não houve diferenças ($P>0,05$) entre as dietas cacau e mandioca caule para consumo de N (g/dia).

Tabela 10. Valores médios para compostos nitrogenados ingeridos (N), excretado nas fezes e na urina, e balanço de N (BN) em novilhas alimentadas com dietas com diferentes fontes (S) e níveis (N) de inclusão de subproduto

Item	Dietas com inclusão do subproduto de				Nível (%)		Valor P			CV (%)
	Cacau	Farelo de glúten	Mandioca Casca	Mandioca Caule	10	30	S	N	S x N	
	N ingerido									
g/dia	81,25c	114,74a	101,64ab	89,00bc	98,51	94,81	0,0002	0,1739	0,0663	11,67
g/kgPV ^{0,75}	0,89a	0,56c	0,69bc	0,80ab	0,72	0,75	0,0006	0,4218	0,2316	15,70
	N fecal									
g/dia	38,64	34,07	31,63	33,21	35,49	33,29	0,1840	0,8908	0,1853	24,4
g/kgPV ^{0,75}	1,90a	2,65a	2,28a	2,11a	2,17	2,30	0,0374	0,7605	0,3401	29,2
	N urina									
g/dia	31,22b	37,52ab	51,99a	42,17ab	42,14	39,31	0,0402	0,4063	0,7092	29,3
g/kgPV ^{0,75}	2,43a	1,75ab	1,44b	1,69b	1,85	1,80	0,0093	0,8901	0,6908	25,7
	BN									
g/dia	11,38b	49,15a	18,02b	13,62b	23,88	22,21	0,0003	0,4346	0,0769	55,0
g/kgPV ^{0,75}	5,32	1,61	3,55	4,21	2,80	4,54	0,9092	0,6271	0,4448	281,5
g/kgCMS	2,13b	8,65a	3,65b	2,40b	4,78	3,64	0,0051	0,2404	0,2681	73,8

Médias, na linha, seguidas de letras diferentes são diferentes ($P<0,05$) pelo teste Tukey.

Para os consumos de N (g/kg PV^{0,75}), os maiores ($P<0,05$) valores foram observados para animais consumindo dietas com subproduto cacau, em relação àquelas contendo farelo de glúten de milho e mandioca casca. Contudo, os animais que consumiram dietas com mandioca caule não diferiram ($P>0,05$) no consumo de N (g/kg PV^{0,75}) em relação àqueles consumindo dietas com cacau e mandioca casca, e também, não houve diferenças ($P>0,05$) entre as dietas farelo de glúten e mandioca casca e mandioca caule para consumo de (g/kg PV^{0,75}).

A excreção urinária de N, quando expressa em g/dia, foi maior ($P<0,05$) para os animais alimentados com mandioca casca em relação às dietas com cacau, no entanto

estas dietas não diferiram ($P>0,05$) das dietas com farelo de glúten de milho e mandioca caule, independente do nível de inclusão destes subprodutos nas dietas. A excreção urinária de N, quando expressa em $\text{g/kgPV}^{0,75}$, foi maior ($P<0,05$) para os animais alimentados com subproduto cacau em relação às dietas com subproduto mandioca casca e mandioca caule, no entanto estas dietas não diferiram ($P>0,05$) das dietas com farelo de glúten de milho, independente do nível de inclusão destes subprodutos nas dietas.

O balanço de nitrogênio, quando expresso em g/dia , foi influenciado ($P<0,05$) pela fonte do subproduto na dieta, sendo que as dietas com farelo de glúten de milho proporcionaram maiores valores, diferindo daqueles animais alimentados com dietas recebendo os outros subprodutos, independente do nível de inclusão destes subprodutos nas dietas. Quando expresso em g/kg de CMS, houve maior balanço de nitrogênio ($P<0,05$) nas dietas com farelo de glúten de milho em relação a dietas com demais subprodutos, independente do nível de inclusão destes subprodutos nas dietas.

O maior balanço de N ($P<0,05$) para as dietas com farelo de glúten de milho pode estar possivelmente relacionado à melhor sincronização da degradação entre proteína e energia desta fonte de subproduto e também, aos teores de CNF destas dietas (29,86 e 33,95% na MS). Segundo Clark et al. (1992), a disponibilidade de energia e N são fatores limitantes para o crescimento microbiano ruminal.

Mesmo assim, independentemente da fonte e do nível de subproduto nas dietas, não houve valor negativo para o BN, indicando que houve retenção de proteína no organismo animal e que o consumo de proteína atendeu às exigências protéicas dos animais em estudo.

4. Conclusões

O farelo de glúten de milho e a mandioca casca são subprodutos com potencial para substituir, parcialmente, os concentrados energéticos, sem prejuízos sobre o consumo, digestibilidade, eficiência microbiana e retenção de nitrogênio.

O subproduto de mandioca caule tem potencial para substituir, parcialmente, volumosos nas dietas de ruminantes. O subproduto de cacau apresenta limitações para uso em dietas de ruminantes.

5. Literatura Citada

ALVES, A.B; BRAGAGNOLO, N. Determinação simultânea de teobromina, teofilina e cafeína em chás por cromatografia líquida de alta eficiência. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v. 38, n. 2, p. 237-243, 2002.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY – AOAC. **Official Methods of Analysis**, 15th ed. AOAC International, Arlington. 1990.

CARVALHO, J. L. H de. Uso da parte aérea da mandioca na alimentação animal. In: 3º CONGRESSO BRASILEIRO DE MANDIOCA, 1983, Brasília. **Anais...Brasília**, 1983. p. 13-38.

CEREDA, M. P. Valorização de resíduos como forma de reduzir custo de produção. In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE RAÍZES TROPICAIS, 1., 1996, São Pedro. **Anais... São Pedro**: 1996. p.25-43.

CHEN, X.B.; GOMES, M.J. **Estimation of microbial protein supply to sheep and cattle based on urinary excretion of purine derivatives – an overview of technical details** (Occasional publication). INTERNATIONAL FEED RESOURCES UNIT. Bucksburnd: Rowett Research Institute, 1992. 21p.

CLARK, J.H., KLUSMEYER, T.H., CAMERON, M.R. Microbial protein syntesis and flows of nitrogen fractions to the duodenum of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, 75:2304-2323, 1992.

FUJIHARA, T.; ØRSKOV, E.R.; REEDS, P.J. et al. The effect of protein infusion on urinary excretion of purine derivatives in ruminants nourished by intragastric nutrition. **Journal of Agricultural Science**, v.109, p.7-12, 1987.

GRANDE, P.A.; ALCALDE, C.R.; MACEDO, F.A.F. et al. Desempenho e características de carcaça de cabritos da raça Saanen recebendo rações com farelo de glúten de milho e/ou farelo de soja. **Acta Scientiarum**, v.25, n.2, p.315-321, 2003.

HALL, M.B. **Neutral Detergent-Soluble Carbohydrates. Nutritional Relevance and Analysis**. University of Florida, Gainesville. 2000.

LASSITER, J.W.; EDWARDS Jr.; H.M. **Animal nutrition**. Virginia: Reston Publishing Company, 1982. p.339-340.

LICITRA, G., HERNANDEZ, T.M., VAN SOEST, P.J. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. **Animal Feed Science and Technology**, v.57, p. 347–358, 1996.

MACEDO, L.G.P.; DAMASCENO, J.C.; MARTINS, E.N. et al. Substituição do farelo de soja pela farinha de glúten de milho na alimentação de cabras leiteiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n. 4, p. 992-1001, 2003.

MAGALHÃES, K.A. **Tabelas brasileiras de composição de alimentos, determinação e estimativa do valor energético de alimentos para bovinos**. Viçosa, MG. 263p. Tese (Doutorado em Zootecnia), Universidade Federal de Viçosa, 2007.

MARQUES, J.A.; PRADO, I.N.; ZEOULA, M.L. et al. Avaliação da mandioca e seus resíduos industriais em substituição ao milho no desempenho de novilhas confinadas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.5, p.1529-1535, 2000.

MARTINS, A.S.; PRADO, I.N.; ZEOULA, L.M. et al. Digestibilidade aparente de dietas contendo milho ou casca de mandioca como fonte energética e farelo de algodão ou levedura como fonte protéica em novilhas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.1, p.269-277, 2000.

MERTENS, D.R. Analysis of fiber in feeds and its use in feed evaluation and ration formulation. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE RUMINANTES, 1992, Lavras. **Anais...** Lavras: Sociedade Brasileira de Zootecnia, p.1-32. 1992.

PIRES, A.J.V.; VIEIRA, V.F.; SILVA, F.F. et al. Níveis de farelo de cacau (*Theobroma cacao*) na alimentação de bovinos. **Revista Electrónica de Veterinaria**, Málaga. Espanha, v. 6, n. 2, p. 1-10, 2005.

PRADO, I.N.; MARTINS, A.S.; ALCALDE, C.R. et al. Desempenho de novilhas alimentadas com rações contendo milho ou casca de mandioca como fonte energética e farelo de algodão ou levedura como fonte protéica. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.1, p.278-287, 2000.

ROCHA JÚNIOR, V.R.; VALADARES FILHO, S.C.; BORGES, A.M. et al. Estimativa do valor energético dos alimentos e validação das equações propostas pelo NRC 2001. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, p.480-490, 2003.

SAS Institute. 2000. **SAS/STAT User's guide**, Version 8. SAS Institute Inc., Cary, NC.

SILVA, H.G.O.; PIRES, A.J.V.; CUNHA NETO, P.A. et al. Digestibilidade de dietas contendo silagem de capim-elefante amonizado e farelo de cacau ou torta de dendê em ovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, p. 499-506, 2007.

SILVA, H.G.O.; PIRES, A.J.V.; SILVA, F.F. et al. Digestibilidade aparente de dietas contendo farelo de cacau ou torta de dendê em cabras lactantes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.40, n.4, p.405-411, 2005.

SILVA, J.F.C., LEÃO, M.I. **Fundamentos da nutrição de ruminantes**. Piracicaba, Livrocere, 1979. 380 p.

SILVA, J.H.V.; RODRIGUES, M.T.; CAMPOS, J. Desempenho de cabras leiteiras recebendo dietas com diferentes relações volumoso:concentrado. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v.28, p.1412-1418, 1999.

VALADARES FILHO, S.C.; PAULINO, P.V.R; MAGALHÃES, K.A. (Eds.) **Exigências nutricionais de zebuínos e tabelas de composição de alimentos BR-Corte**. 1.ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2006. 142p.

VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B. **Analysis of forages and fibrous foods**. Cornell University, Ithaca. 1985.

VERBIC, J.; CHEN, X.B.; MACLEOD, N.A. et al. Excretion of purine derivatives by ruminants. Effect of microbial nucleic acid infusion on purine derivative excretion by steers. **Journal of Agricultural Science**, v.114, p.243-248, 1990.

Predição de frações digestíveis e valor energético de subprodutos agrícolas e agroindustriais para bovinos

RESUMO - Objetivou-se avaliar a acurácia das equações adotadas pelo NRC e Detmann, para estimar o conteúdo energético de subprodutos agrícolas e agroindustriais. Foram avaliados os subprodutos de abacaxi, cacau, dendê, feijão, girassol, goiaba, mandioca casca, mandioca haste, mandioca rama, mamão, manga, maracujá, nabo e farelo de glúten de milho. Todos os animais receberam silagem de milho e foi utilizada a mistura uréia/sulfato de amônio (9:1) para que as rações com os dois níveis de cada subproduto, se mantivessem isoprotéicas. Entre os modelos de predição para proteína bruta digestível (PBad), o modelo Detmann 2 apresentou diferença ($P < 0,05$) pelo teste de hipótese para nulidade conjunta, enquanto as estimativas pelos modelos NRC e Detmann 1 foram similares às obtidas pelas observações *in vivo* ($P > 0,05$). Para extrato etéreo digestível (EEad), carboidratos não fibrosos digestíveis (CNFad) e fibra em detergente neutro digestível (FDNd) observou-se que o modelo proposto pelo NRC, diferiu ($P < 0,05$), pelo teste de significância da hipótese de nulidade conjuntas, existindo melhor ajustamento para o modelo sugerido por Detmann, tendo como consequência, o valor $P > 0,05$. No entanto, entre todas as frações digestíveis, a FDNd, foi a que apresentou maior dispersão dos pontos em relação a linha de igualdade. Os modelos do NRC e Detmann podem ser considerados eficientes em prever nutrientes digestíveis totais (NDT) e energia digestível (ED), pois as estimativas não diferiram ($P > 0,05$) dos valores observados, contudo também, apresentaram grande dispersão dos pontos em relação a linha de igualdade. Recomenda-se usar os modelos propostos por Detmann para prever as frações digestíveis da PB, EE e dos CNF em subprodutos agrícolas e agroindustriais. Há necessidade de mais pesquisas para o desenvolvimento de modelos mais adequados para estimar a fração digestível da FDN, já que esta foi a principal limitante para estimativas precisas e acuradas do valor energético de subprodutos agrícolas e agroindustriais.

PALAVRAS-CHAVES: equações, nutrientes digestíveis totais, resíduos

Fractions of digestible prediction and energy value of agricultural and agro-industrial by-products for cattle

ABSTRACT - Objective to assess the accuracy of the equations adopted by the NRC and Detmann, to estimate the energy content of agricultural and agroindustrial by-products. We evaluated the by-products of pineapple, cocoa, palm oil, beans, sunflower, guava, cassava bark, cassava stem, raw cassava, papaya, mango, passion fruit, turnip and corn gluten meal. All animals received corn silage and the mixture was used urea / ammonium sulfate (9:1) for the diets with two levels of each product, remained isonitrogenous. Among the models for prediction of digestible crude protein (CPad), the model presented Detmann 2 difference ($P < 0.05$) by the test of null hypothesis for joint, while estimates by the models and NRC Detmann 1 were similar to those obtained by the observations in vivo ($P > 0.05$). For digestible ether extract (EEad), non-fibrous carbohydrates digestible (NFCad) and neutral detergent fiber digestible (NDFd) observed that the model proposed by the NRC, differed ($P < 0.05$), the significance test of the hypothesis of invalidity joint, with better adjustment to the model suggested by Detmann, with the result, the value $P > 0.05$. However, among all the digestible fractions, the NDFd, presented the greater dispersion of points on the line of equal. The models of the NRC and Detmann may be effective in predicting total digestible nutrients (TDN) and digestible energy (DE), poi estimates did not differ ($P > 0.05$) of observed values, but also showed great dispersion of points in the line of equal respect. It is recommended to use the models proposed by Detmann to predict the digestible fractions of CP, EE and NFC in agricultural and agroindustrial by-products. There is a need for more research to develop more appropriate models to estimate the digestible fraction of NDF, as this was the main limitation for precise and accurate estimates of the energy value of agricultural and agroindustrial by-products.

KEY WORDS: equations, total digestible nutrients, waste

1. Introdução

O valor nutritivo dos alimentos é o resultado de um conjunto de transformações, mecânicas e químicas, que os alimentos sofrem durante seu tempo de permanência no trato gastrintestinal. Após o conhecimento da composição química, a obtenção de estimativas dos coeficientes de digestibilidade é reconhecidamente essencial para se quantificar o valor nutritivo dos alimentos (Valadares Filho et al., 2000).

Nos estudos de digestibilidade em bovinos, os resultados obtidos *in vivo* sempre foram mais realísticos, contudo são limitados pela necessidade de se ter número representativo de animais, além de exigir grande quantidade de alimentos que permita ser utilizada durante os períodos de adaptação e experimental.

Conrad et al. (1984), posteriormente, Weiss et al. (1992) e mais recentemente sob condições tropicais Detmann et al. (2004a, 2006a, 2006b, 2006c e 2007) propuseram a utilização da composição química dos alimentos como método alternativo de predição da digestibilidade em ruminantes.

Nessa perspectiva, o NRC (2001) e Detmann et al. (2008b) propuseram um método para estimação do teor de NDT dos alimentos, o qual se constitui de um sistema de equações somativas, de modo que, a cada grupo de compostos químicos, se destinam uma equação para obtenção de estimativas das frações verdadeiramente digestíveis, com posteriores correções no tocante às perdas metabólicas e ao nível de consumo.

Embora o NRC (2001) seja um sistema amplamente difundido e, teoricamente, satisfatório para o uso em condições temperadas, esse conjunto de equações não tem apresentado eficiência de predição satisfatória quando aplicado a alimentos obtidos em condições tropicais, tornando as estimativas substancialmente desviadas dos valores observados *in vivo* (Rocha Júnior. et al., 2003; Costa et al., 2005; Oliveira et al. 2007; Silva et al., 2007).

Como a variação na composição química e no conteúdo de energia de subprodutos agrícolas e agroindustriais é maior do que a dos concentrados e volumosos e considerando que as equações de predição do valor energético foram desenvolvidas, principalmente, com dados de volumosos e concentrados (NRC, 2001), objetivou-se avaliar a acurácia das equações adotadas pelo NRC (2001) e Detmann, para estimar o conteúdo energético de subprodutos agrícolas e agroindustriais.

2. Material e Métodos

2.1 – Local, animais e dietas

O trabalho foi conduzido no Departamento de Zootecnia, do Centro de Ciências Agrárias, da Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa, Minas Gerais e a fase de campo foi realizada no período de junho a setembro de 2006.

Foram avaliados os subprodutos de abacaxi, cacau, dendê, feijão, girassol, goiaba, mandioca casca, mandioca haste, mandioca rama, mamão, manga, maracujá, nabo e farelo de glúten de milho. A composição química dos 14 subprodutos agrícolas e agroindustriais pode ser observada na Tabela 1.

Foram utilizadas 20 novilhas, nelores e aneloradas, em fase de crescimento, com peso vivo médio inicial de 273 ± 37 kg. Antes de se iniciar o experimento, todos os animais foram pesados, identificados, tratados contra ecto e endoparasitas. Após a primeira pesagem, efetuou-se a distribuição dos animais de forma casualizada em cada tratamento.

Os animais foram mantidos em regime de confinamento, alojados em baias individuais cobertas, com piso de concreto revestido de borracha, de 3 x 3 m de área dotadas de comedouros de alvenaria e bebedouros individuais.

Considerou-se para efeito de controle local do experimento que os subprodutos estivessem combinados em dois níveis (alto e baixo), com quatro repetições para cada

nível, a partir de um delineamento em reversão simples. Os mesmos quatro animais foram utilizados nos dois níveis do subproduto no mesmo período, sendo que no segundo período, os animais alimentados com dietas contendo menor nível do subproduto receberam o nível maior, enquanto, aqueles que receberam nível maior de subproduto na ração no período anterior, receberam no segundo período nível menor. Cada tratamento foi representado por uma fonte e nível de subproduto na dieta.

Tabela 1. Composição química de 14 subprodutos agrícolas e agroindustriais

Item	MS ¹	MO ²	PB ²	PIDN ³	PIDA ³	EE ²	FDNcp ²	CNF ²	FDA ²	LIG ²
ABA	13,91	95,27	7,09	50,49	44,38	0,78	60,20	27,20	34,11	3,71
CAC	89,34	92,58	14,33	55,14	47,46	5,07	36,97	36,22	40,09	18,54
DEN	92,44	97,04	16,10	94,91	58,32	10,71	52,30	17,93	35,94	11,18
FGM	85,76	94,22	21,86	38,24	13,26	2,84	22,68	46,84	12,46	1,44
FEI	87,22	95,54	23,92	35,83	25,44	1,95	29,48	40,19	6,69	0,18
GIR	92,73	94,87	36,88	11,80	5,57	2,13	18,63	37,22	13,31	5,24
GOI	28,56	98,61	8,62	26,77	18,85	7,68	72,96	9,35	59,74	22,10
MAM	10,07	94,93	14,80	86,87	27,41	7,28	29,38	43,48	32,74	7,74
MCA	25,56	96,63	3,73	58,82	7,41	0,59	15,75	76,56	15,56	5,54
MHA	89,98	96,26	5,44	47,15	21,34	0,92	65,11	24,79	57,12	20,01
MRA	21,85	91,81	24,17	59,80	55,96	2,38	40,44	24,82	36,26	9,61
MAG	34,50	97,61	5,05	79,17	22,64	4,00	32,55	56,01	23,78	7,25
MAR	19,53	96,32	9,97	17,98	7,70	12,20	54,77	19,38	42,70	7,79
NAB	91,62	94,29	27,59	19,93	18,73	24,28	22,72	19,69	19,69	7,53

¹ %, ² % na MS, ³ % na PB; ABA = abacaxi; CAC = cacau; DEN = dendê; FGM = Farelo de glúten de milho; FEI = feijão; GIR = girassol; GOI = goiaba; MAM = mamão; MCA = mandioca casca; MHA = mandioca haste; MRA = mandioca rama; MAG = manga; MAR = maracujá; NAB = nabo.

MS = matéria seca, MO = matéria orgânica, PB = proteína bruta, PIDN = proteína insolúvel em detergente neutro, PIDA = proteína insolúvel em detergente ácido, EE = extrato etéreo, FDNcp = fibra em detergente neutro livre de cinzas e proteína, FDA = fibra em detergente ácido, LIG = lignina, CT = carboidratos totais e CNF = carboidratos não fibrosos.

Em cada período avaliaram-se cinco subprodutos, com duração de 15 dias, sendo 12 dias de adaptação e três dias de coleta total de fezes e urina, totalizando 90 dias de período experimental, seis períodos experimentais com avaliação total de 14

subprodutos, considerando que no quinto período avaliou-se também a silagem de milho sem inclusão de subproduto, mas com 2,22% de uréia na MS total.

Todos os animais receberam silagem de milho na mesma proporção e foi utilizada a mistura uréia/sulfato de amônio (9:1) para que as rações contendo os dois níveis de cada subproduto, se mantivessem isoprotéicas. As dietas foram fornecidas duas vezes ao dia, às 6h00 (60% da oferta) e 15h30 (40% da oferta), de forma a permitir consumo *ad libitum* (sobras de 5-10% da quantidade fornecida). A quantidade de alimento fornecida foi ajustada diariamente, a partir do consumo observado no dia anterior, e as sobras foram pesadas diariamente.

2.2 - Determinação dos coeficientes de digestibilidade *in vivo*

Foi realizada a coleta total de fezes dos animais em cada período experimental, por um período de 72 horas, registrando-se a quantidade total excretada por animal. Durante a pesagem das fezes e após homogeneização, foram retiradas alíquotas de, aproximadamente, 5%, para posterior confecção das amostras compostas de cada animal. Durante o período de coleta de fezes, foram registradas as quantidades de alimento consumido diariamente, coletando-se amostras dos alimentos oferecidos por tratamento e das sobras por animal.

As amostras de alimentos, sobras e fezes foram devidamente armazenadas (-20°C) e, posteriormente secas em estufa de ventilação forçada, a 60°C por 72 horas, moídas com peneira de malha de 1 mm e submetidas às análises laboratoriais.

Os coeficientes de digestibilidade da proteína bruta (PB), do extrato etéreo (EE), da fibra em detergente neutro (FDN) e dos carboidratos não-fibrosos (CNF) de cada subproduto utilizado neste estudo foram obtidos a partir dos coeficientes médios de

digestibilidade das dietas específicas de cada tratamento, por sistema de equações lineares (Silva e Leão, 1979).

2.3 – Determinação da composição química

Todos os subprodutos coletados foram secos a 60°C durante 72 horas e moídos em moinho de facas com peneira de porosidade de 1 mm de diâmetro, para posteriores análises do conteúdo de matéria seca (MS) (ID 934.01), PB (ID 984.13), matéria orgânica (MO) (ID 942.05), EE (ID 920.39) e fibra em detergente ácido (FDA) (ID 973.18), conforme os métodos do AOAC (1990).

Nas análises de FDN, as amostras foram tratadas com alfa-amilase termoestável, sem o uso de sulfito de sódio e corrigido para cinzas residuais (Mertens, 1992). A correção da FDN e FDA para os compostos nitrogenados e a estimativa dos conteúdos de compostos nitrogenados insolúveis nos detergentes neutro (NIDN) e ácido (NIDA) foram feitas conforme Licitra et al. (1996). Os conteúdos de lignina foram obtidos por meio da solubilização da celulose pelo ácido sulfúrico (Van Soest e Robertson, 1985).

Os conteúdos de CNF da MS dos subprodutos, expressos em % na MS, foram calculados de acordo com Hall (2000) como $100 - (\%FDN + \%PB + \%EE + \%MM)$ e os nutrientes digestíveis totais (NDT) foram calculados como: $NDT = \%PB_{digestível} + \%FDN_{digestível} + \%CNF_{digestível} + 2,25 * \%EE_{digestível}$.

2.4 - Predição do valor energético dos nutrientes

A partir da composição química dos subprodutos foram estimados os valores das frações digestíveis, NDT e energia digestível (ED), conforme as equações propostas por Weiss et al. (1992) e adotadas pelo NRC (2001), além das sugeridas, para animais em

crescimento e terminação em consumo voluntário, por Detmann et al. (2006a, 2006b, 2006c, 2007, 2008a), que estimam os teores aparentes digestíveis das frações de proteína bruta (PBad), extrato etéreo (EEad) e carboidratos não fibrosos (CNFad), além dos teores digestíveis da fração da fibra em detergente neutro livre de proteínas (FDNd):

- PBad (para alimentos concentrados) = $PB \times [1 - (0,4 \times PDA/PB)] - 2,7$ (NRC, 2001);
- PBad (para alimentos volumosos) = $PB \times \text{Exp}[-1,2 \times (PDA/PB)] - 2,7$ (NRC, 2001)
- PBad = $0,7845 \times PB - 1,61$ (Detmann et al., 2006a);
- PBad = $0,98 \times (PB - PIDN) + 0,835 \times (PIDN - PIIDN) - 1,61$ (Detmann et al., 2008a);
- PIIDN = $((1,1557 + 0,0255 \times (PDA^{2,3388}))^2)$ (Clipes, 2007);
- EEad = $(EE - 1) - 0,62 \times 100$ para $EE > 1\%$ na MS e para $EE \leq 1\%$ na MS então, EEad = 0 (NRC, 2001);
- EEad = $0,8596 \times EE - 0,18$ (Detmann et al., 2006b);
- CNFad = $0,98 \times CNF - 3,1$ (NRC, 2001);
- CNFad = $0,9507 \times CNF - 5,11$ (Detmann et al., 2006c);
- FDNd = $0,75 (FDNcp - L) \times [1 - (L/FDNcp)^{0,667}]$, em que L = lignina (NRC, 2001);
- FDNd = $0,835 (FDNcp - L) \times [1 - (L/FDNcp)^{0,85}]$, em que L = lignina (Detmann et al., 2007);
- ED (Mcal/kg) = $PBd/100 \times 5,6 + EEd/100 \times 9,4 + CNFd/100 \times 4,2 + FDNd/100 \times 4,2$ (NRC, 2001);

2.5 - Validação das equações de predição do valor energético adotadas pelo NRC (2001) e Detmann

As equações propostas por Detmann et al. (2006a, 2006b, 2006c, 2007, 2008a) serão chamadas apenas de Detmann com a distinção entre as duas propostas para PBd as quais serão mencionadas como 1 (Detmann et al., 2006a) e 2 (Detmann et al., 2008a).

A validação dos parâmetros PBad, EEad, CNFad e FDNvd, foi realizada a partir de 14 observações obtidas com novilhas em crescimento alimentadas com dietas contendo dois níveis de subprodutos.

Os procedimentos para validação das frações digestíveis observadas e previstas pelas equações adotadas pelo NRC (2001) e sugeridas por Detmann, basearam-se no ajustamento do modelo de regressão linear simples dos valores observados (variável dependente) sobre os valores previstos (variável independente) pelas equações, sendo as estimativas dos parâmetros de regressão testadas pela hipótese de nulidade conjunta segundo Mayer et al. (1994):

$$H_0 : \beta_0 = 0 \text{ e } \beta_1 = 1 \text{ X } H_a : \text{ não } H_0.$$

Sob o caso de não rejeição da hipótese de nulidade, concluí-se pela equivalência entre os valores observados e previstos pelas equações.

O viés médio (VM) foi calculado conforme (Cochran e Cox, 1957) conforme a equação abaixo:

$$VM = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (xi - yi); \text{ em que: } x = \text{valores observados; } y = \text{valores previstos.}$$

O coeficiente de correlação concordante (CCC), também conhecido como índice de reprodutibilidade, que considera simultaneamente exatidão e precisão, foi calculado conforme Lin (1989).

A avaliação comparativa da eficiência de predição das equações foi realizada pela avaliação do quadrado médio dos erros de predição (QMEP), segundo descrito por Bibby e Toutenburg (1977), conforme a equação abaixo:

$$QMEP = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (xi - yi)^2 ; \text{ em que: } x = \text{valores observados; } y = \text{valores preditos.}$$

Faz-se necessário uma ressalva de que para todos os cálculos de variância, empregou-se como divisor o total de observações (n).

Para todos os procedimentos estatísticos, fixou-se em 0,05 o nível crítico de probabilidade para o erro tipo I. Todos os procedimentos estatísticos foram realizados utilizando-se o programa Model Evaluation System (MES), versão 3.0.11.

3. Resultados e Discussão

A estatística descritiva para o conjunto total de dados utilizado para predição do valor energético dos subprodutos, encontra-se na Tabela 2.

Tabela 2. Estatística descritiva para o conjunto de dados utilizado para predição do valor energético de subprodutos agrícolas e agroindustriais

Itens	Média	Mediana	Mínimo	Máximo	DP	CV (%)
Consumo, kg/dia						
MS	4,84	4,81	2,43	7,43	1,01	9,55
MO	4,58	4,57	2,27	6,98	0,98	9,23
PB	0,62	0,63	0,31	1,18	0,14	1,34
EE	0,27	0,26	0,10	0,56	0,08	0,91
FDNcp	2,61	2,63	1,45	3,82	0,54	5,06
CNF	1,21	1,14	0,15	2,57	0,52	4,96
Digestibilidade, %						
MS	59,20	60,07	34,57	76,17	6,91	68,11
MO	63,15	63,65	38,72	81,88	7,70	74,83
PB	69,76	69,25	48,09	92,75	9,59	95,90
EE	89,37	90,08	72,85	96,83	4,65	44,92
FDNcp	56,67	57,83	21,24	75,33	8,41	83,32
CNF	65,20	65,20	36,17	88,33	10,26	115,42

MS – matéria seca; MO – matéria orgânica; PB – proteína bruta; EE – extrato etéreo; FDNcp – fibra em detergente neutro livre de cinzas e proteína, FDA – fibra em detergente ácido; CNF – carboidrato não fibroso.

Pode-se verificar a ampla variabilidade do valor nutricional para as dietas contendo diferentes subprodutos ao observar o consumo e a digestibilidade das frações nutricionais.

3.1 - Proteína bruta aparentemente digestível

Os resultados dos parâmetros das regressões e das avaliações da exatidão dos modelos adotados pelo NRC (2001) e os sugeridos por Detmann 1 e 2 para PBad encontram-se na Tabela 3 e Figura 1.

Tabela 3. Estatística para regressão entre os valores observados e preditos pelos modelos sugeridos pelo NRC e Detmann 1 e 2 para proteína bruta aparente digestíveis (PBad)

Item	PBad		
	NRC	Detmann1	Detmann2
Intercepto	0,036	-1,308	10,558
Inclinação	0,916	1,115	-0,057
r ²	0,819	0,875	0,041
Valor P (Ho: a = 0 e b = 1)	0,569	0,647	< 0,001
VM, %	-0,936	-0,076	11,640
CCC	0,900	0,921	-0,094
QMEP, % ²	15,988	10,843	1.347,524

VM = viés médio, CCC = coeficiente de correlação concordante, QMEP = quadrado médio do erro de predição.

Entre os modelos de predição para PBad, o modelo Detmann 2 diferiu (P<0,05) pelo teste de hipótese para nulidade conjunta (Mayer et al., 1994) e assim, os valores preditos por este modelo não apresentaram equivalência com os valores observados. No entanto, se forem considerados os subprodutos de dendê e mandioca rama como *out lines*, pois apresentaram valores negativos, as estimativas por este modelo seriam a de

maior coeficiente de determinação (0,930), as com maior exatidão e precisão simultaneamente (CCC = 0,961), além de ser a com menor QMEP (6,289).

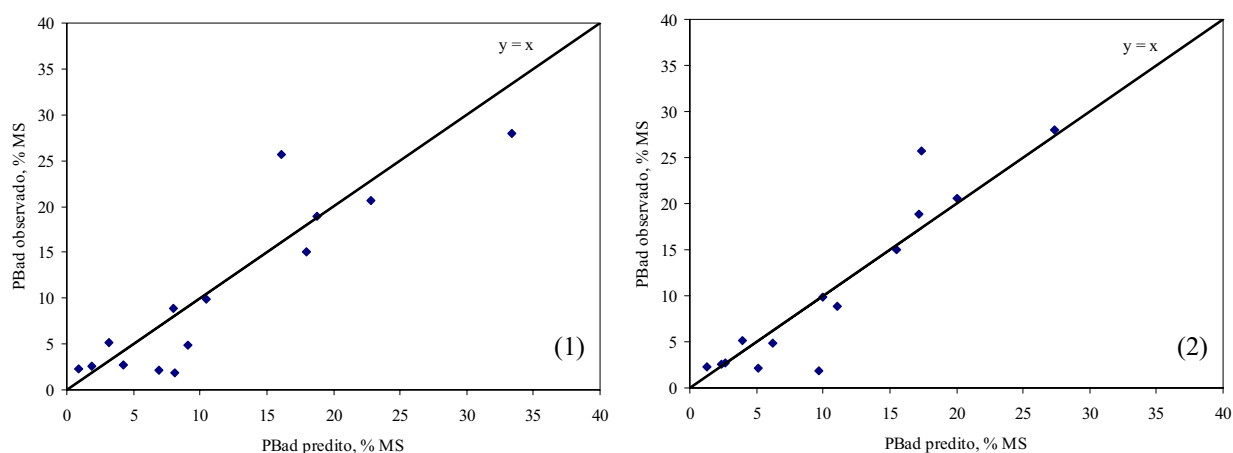


Figura 1. Relação entre os valores de proteína bruta aparente digestível (PBad) observados e preditos pela equação do NRC (2001) (1) e Detmann et al., (2006a) (2).

A explicação para o fato dos subprodutos de dendê e mandioca rama apresentarem estimativas negativas para PBad pelo modelo proposto por Detmann 2, parece ser as estimativas de PIIDN. Como os valores desta fração não foram determinados biologicamente, as estimativas pelo modelo proposto por Clipes (2007) e sugerida por Detmann et al. (2008a), superestimaram a PIIDN para os subprodutos de dendê e mandioca rama.

O maior entrave da predição da PBad pode está relacionado com a estimativa da fração do nitrogênio indisponível no trato gastrointestinal. Para Sniffen et al. (1992), a PIDA seria o melhor estimador do potencial protéico dos alimentos disponíveis para os microrganismos ruminais, sendo considerado indisponível durante sua permanência no trato gastrointestinal dos ruminantes. No entanto, Detmann et al. (2004) e Detmann et al. (2003) demonstraram ausência de relação entre a fração dos compostos nitrogenados

não degradável no rúmen e PIDA e a possibilidade de parte da PIDA ser digestível no intestino.

Portanto, Detmann et al. (2008a) sugeriram que os maiores ganhos de precisão e exatidão das estimativas de PBad poderiam ser observados pela obtenção de teores de PIIDN por meio de ensaios biológicos. Proposto por Detmann et al. (2004), estes ensaios biológicos, permitem considerar a fração não degradável como um conceito biológico, a qual sofre influências diretas e interações entre efeitos químicos, fisiológicos, anatômicos e ambientais, limitando potencialmente o acesso microbiano.

Visualmente, as diferenças entre os modelos propostos pelo NRC (2001) e Detmann 1 para estimativas da PBad são pouco perceptíveis (Figura 1). Observa-se que houve pouca dispersão dos valores em torno da reta de igualdade ($Y = X$, com $r^2 = 0,819$ e $0,875$) para NRC (2001) e Detmann 1, respectivamente, para os dois modelos e uma grande amplitude de valores dentro do espectro de predição, variando *in vivo* entre 1,9 a 27,9% de PBad para os subprodutos de goiaba e girassol, respectivamente.

As estimativas dos teores de PBad pelos modelos NRC e Detmann 1 foram similares às obtidas pelas observações *in vivo* ($P > 0,05$), se for considerada a hipótese de nulidade conjunta (Mayer et al., 1994). Resultado semelhante também foi observado por Magalhães (2007) com forragens tropicais. Na avaliação comparativa da eficiência de predição, os valores estimados pelo modelo de Detmann 1 apresentaram estimativas mais precisas, além de ser o modelo com valor do VM (-0,076) mais próximo de zero.

Por apresentar o VM negativo pode-se afirmar que os dois modelos apresentam uma tendência a superestimar os valores observados das frações de PBad em subprodutos e observou-se que o maior erro de predição entre todos os valores preditos foi de -9,618 e -8,329% da PBad na MS para os modelos NRC (2001) e Detmann 1, respectivamente, para o subproduto mandioca rama. Pina et al. (2006) também

observaram predições superestimadas do NRC (2001) para alimentos em condições tropicais.

3.2 - Extrato etéreo aparentemente digestível

Os resultados dos parâmetros das regressões e das avaliações da exatidão dos modelos adotados pelo NRC (2001) e os sugeridos por Detmann para EEad encontram-se na Tabela 4 e Figura 2.

Tabela 4. Estatística para regressão entre os valores observados e preditos pelos modelos sugeridos pelo NRC e Detmann para extrato etéreo aparente digestível (EEad)

Item	EEad	
	NRC	Detmann
Intercepto	0,984	0,053
Inclinação	0,847	0,963
r^2	0,979	0,980
Valor P (Ho: a = 0 e b = 1)	0,003	0,553
VM, %	0,298	-0,128
CCC	0,976	0,989
QMEP, % ²	1,528	0,587

VM = viés médio, CCC = coeficiente de correlação concordante, QMEP = quadrado médio do erro de predição.

Apesar do aparente ajustamento dos valores observados com os valores preditos em relação à reta de igualdade ($Y = X$, com $r^2 = 0,978$) para o modelo adotado pelo NRC (2001), esse diferiu ($P < 0,05$), pelo teste de significância da hipótese de nulidade conjuntas. Isto indica ausência de equivalência entre os valores preditos pelo modelo adotado pelo NRC (2001) e os valores observados de EEad, resultado semelhante ao observado por Magalhães (2007) para forragens tropicais.

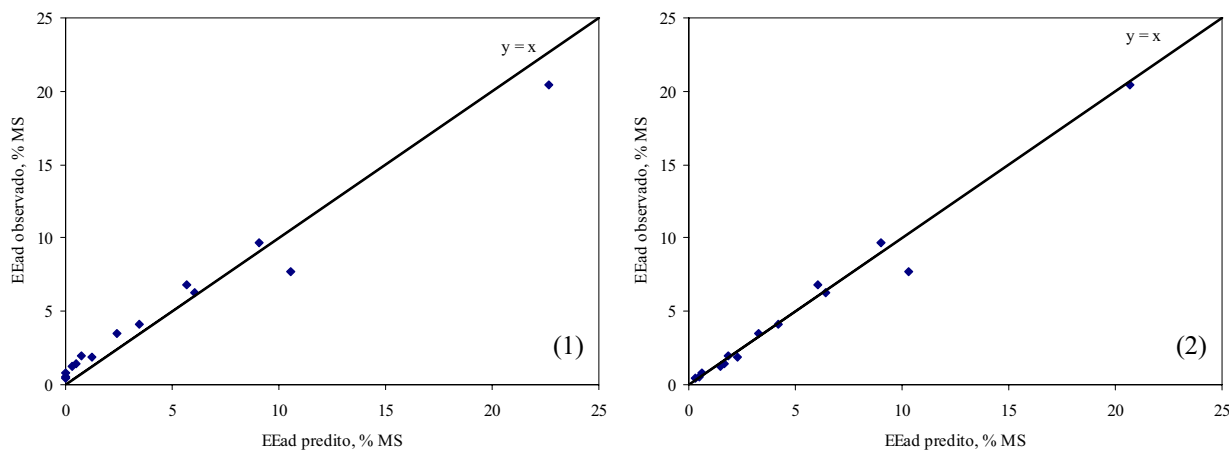


Figura 2. Relação entre os valores do extrato etéreo aparente digestível (EEad) observados e preditos pela equação do NRC (2001) (1) e Detmann (2).

Houve melhor ajustamento para o modelo sugerido por Detmann e como consequência não diferiu ($P > 0,05$) pelo teste de significância da hipótese de nulidade conjunta, permitindo afirmar que existiu equivalência entre os valores preditos e os observados de EEad.

A precisão e exatidão do modelo sugerido por Detmann para EEad podem ser observadas principalmente pelo baixo QMEP (0,587), VM (-0,128) e CCC (0,989). Além disso, observando a Figura 2, existem pontos no eixo Y indicando que em alimentos com EE menor que 1% na MS, como os observados para os subprodutos de abacaxi, mandioca casca e mandioca haste, o modelo NRC (2001) considera como zero as estimativas de EEad, o que não é real. Silva et al. (2007) também observaram valor zero predito pelo NRC (2001) para EEad em capim elefante com idade de rebrota de 48, 63 e 78 dias.

Desta forma, as estimativas de EEad adotadas pelo modelo do NRC (2001), ao considerar a correção por uma constante induziu a um maior VM (0,298), menor precisão e exatidão (CCC = 0,976) e possibilitou um maior QMEP (1,528), quando comparado ao modelo proposto por Detmann, o qual utiliza um fator multiplicativo

constante (considerado como coeficiente de digestibilidade verdadeira) associado à contribuição metabólica fecal. Pina et al. (2006) e Silva et al. (2007) observaram que o modelo do NRC (2001) tende a subestimar a predição do EEad para alimentos em condições tropicais.

3.3 - Carboidratos não fibrosos aparentemente digestíveis

Não houve equivalência ($P < 0,05$) para a fração de CNFad entre os valores preditos pelo modelo adotado pelo NRC (2001) e os valores observados em condições práticas de alimentação com subprodutos por bovinos em condições tropicais (Tabela 5; Figura 3).

Tabela 5. Estatística para regressão entre os valores observados e preditos pelos modelos sugeridos pelo NRC (2001) e Detmann et al. (2006c) para carboidratos não fibrosos aparentemente digestível (CNFad)

Item	CNFad	
	NRC	Detmann
Intercepto	-0,223	1,592
Inclinação	0,838	0,863
r^2	0,867	0,867
Valor P ($H_0: a = 0$ e $b = 1$)	0,011	0,191
VM, %	-5,173	-2,159
CCC	0,883	0,920
QMEP, % ²	64,404	39,826

VM = viés médio, CCC = coeficiente de correlação concordante, QMEP = quadrado médio do erro de predição.

O modelo sugerido por Detmann foi mais adequado, pois verificou-se a não rejeição da hipótese de nulidade avaliada ($P > 0,05$). Magalhães (2007) também observou maior precisão para o modelo sugerido por Detmann et al. (2006c). Este modelo

apresenta tendência de superestimar os valores da fração de CNFad de subprodutos e isto pode ser observado pelo sinal negativo do VM (-2,159). Ao comparar o valor do erro de predição para o maior valor, observou-se estimativa de 16,266 pontos percentuais a mais para CNFad da mandioca casca, que teve *in vivo* CNFad de 51,41% na MS.

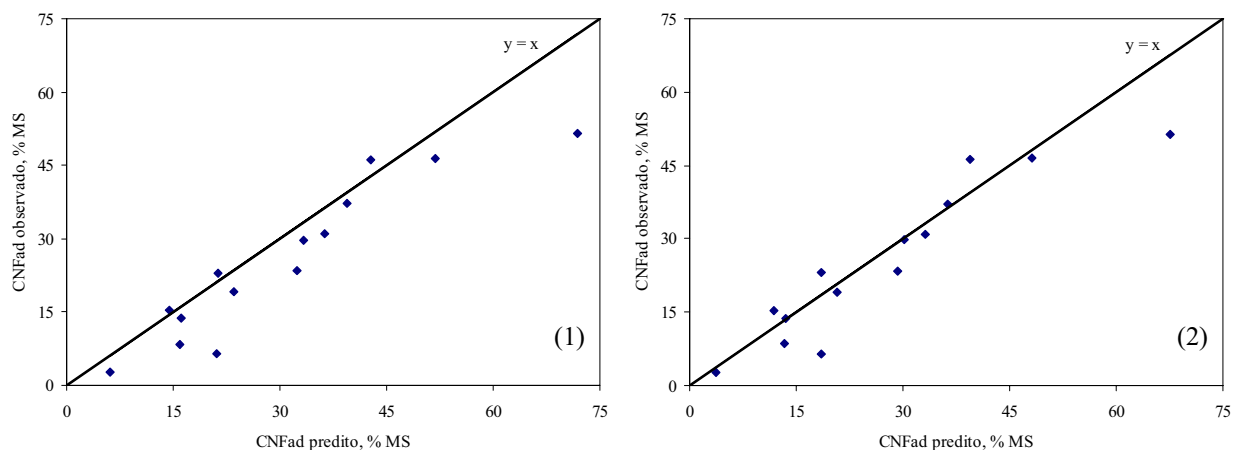


Figura 3. Relação entre os valores dos carboidratos não fibrosos aparentemente digestíveis (CNFad) observados e preditos pela equação do NRC (2001) (1) e Detmann (2).

Segundo Detmann et al. (2006c), estas diferenças são decorrentes de variações no consumo total de CNF inerentes a cada animal, o que resulta em variações na porção metabólica fecal.

A adoção do modelo proposto por Detmann para a fração de CNFad, apresentou maior precisão e exatidão ($CCC = 0,920$) e também, resultou em QMEP 38,16% menor do que os valores estimados com modelo adotado pelo NRC (2001). Pina et al. (2006) verificaram que o modelo adotado pelo NRC (2001) subestima os CNFd.

3.4 - Fibra em detergente neutro digestível

Os modelos do NRC e Detmann foram considerados ineficiente e eficiente, respectivamente, em predir os teores de FDNd, pelo teste da hipótese de nulidade conjunta, segundo Mayer et al. (1994) (Tabela 6; Figura 4).

Tabela 6. Estatística para regressão entre os valores observados e preditos pelos modelos sugeridos pelo NRC (2001) e Detmann et al. (2007) para fibra em detergente neutro digestível (FDNd)

Item	FDNd	
	NRC	Detmann
Intercepto	5,816	4,863
Inclinação	1,075	0,915
r^2	0,560	0,581
Valor P (Ho: a = 0 e b = 1)	0,042	0,388
VM, %	6,951	3,265
CCC	0,590	0,723
QMEP, % ²	119,095	78,505

VM = viés médio, CCC = coeficiente de correlação concordante, QMEP = quadrado médio do erro de predição.

Entre todas as frações digestíveis, a fração digestível da FDN (FDNd), foi a que apresentou maior dispersão dos pontos em relação a linha de igualdade ($Y = X$). Notou-se também, que o modelo sugerido por Detmann não foi tão exato e preciso para estimar os valores da FDNd, como aqueles sugeridos por Detmann para estimar as frações de PBad, EEad e CNFad, já que os valores de CCC foram superiores a 0,723. Esta falta de ajuste no modelo refletiu diretamente no coeficiente de determinação (r^2), o qual foi inferior a 0,59 e no alto QMEP que foi superior a 78%². O modelo adotado pelo NRC (2001) apresentou VM (6,951), indicando subestimação da FDNd, com comportamento semelhante ao observado por Detmann et al. (2004) e Pina et al. (2006).

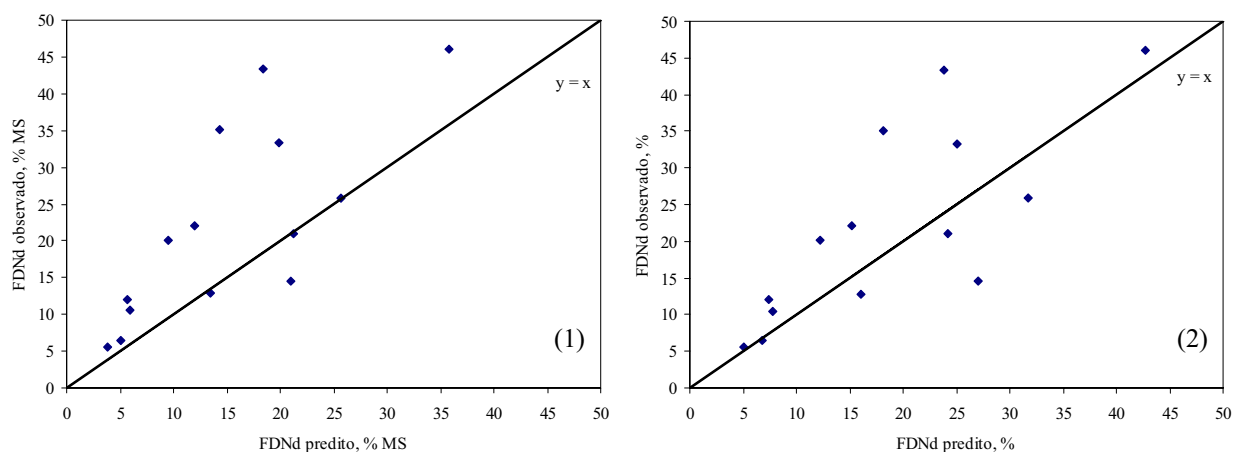


Figura 4. Relação entre os valores da fibra em detergente neutro digestível (FDNd) observados e preditos pela equação do NRC (2001) (1) e Detmann (2).

Neste sentido, a aplicabilidade destes modelos torna-se limitada em virtude da elevada concentração de componentes fibrosos em subprodutos tropicais, fazendo-se necessário o desenvolvimento de novos modelos que sejam precisos e exatos para estimar o valor energético de subprodutos agrícolas e agroindustriais.

Rocha Júnior. et al. (2003), Detmann et al. (2004), Costa et al. (2005), Pina et al. (2006), Oliveira et al. (2007) e Silva et al. (2007) observaram que os modelos de predição das frações digestíveis propostas pelo NRC (2001) não foram adequados para prever as frações digestíveis dos alimentos em condições brasileiras.

3.5 - Nutrientes digestíveis totais (NDT) e energia digestível (ED)

Na Tabela 7, são apresentados os valores de NDT e ED observados *in vivo* e os valores preditos pelo NRC (2001) e Detmann.

Pode-se observar que erros de predições superiores a 15% foram observados nas estimativas do modelo NRC para o NDT de subprodutos: dendê (-16,59%), goiaba (14,07%), mandioca rama (-34,97) e maracujá (17,86%). Enquanto para as estimativas de NDT do modelo de Detmann, os erros de predição superiores a 15% foram

observados com os subprodutos de goiaba (17,01%), mandioca rama (-30,03%) e maracujá (17,90%).

Tabela 7. Valores de nutrientes digestíveis totais (NDT) e energia digestível (ED) observados *in vivo* e preditos pelos modelos propostos pelo NRC e Detmann

Item	NDT, %			ED, Mcal/kg		
	Observado	Predito		Observado	Predito	
	<i>in vivo</i>	NRC	Detmann	<i>in vivo</i>	NRC	Detmann
Abacaxi	71,75	60,56	68,56	3,14	2,67	2,93
Cacau casquinha	41,23	53,37	55,19	1,74	2,35	2,45
Dendê	79,33	62,74	68,35	3,47	2,74	3,02
Farelo de glúten de milho	78,28	76,95	76,08	3,57	3,48	3,41
Feijão bandinha	73,68	77,06	77,76	3,36	3,50	3,51
Girassol	73,07	73,62	68,69	3,46	3,56	3,27
Goiaba	33,45	47,52	50,46	1,24	2,09	2,19
Mamão	82,40	72,28	72,16	3,63	3,18	3,17
Mandioca casca	60,30	74,37	74,75	2,56	3,23	3,16
Mandioca haste	54,37	42,26	46,33	0,54	1,90	1,98
Mandioca rama	88,22	53,25	58,19	3,60	2,46	2,69
Manga	79,02	71,05	73,05	3,44	3,01	3,10
Maracujá	56,57	74,43	74,47	2,44	3,25	3,21
Nabo	90,76	95,94	87,92	4,08	4,34	3,96

Nas estimativas de ED para o modelo NRC (2001) os maiores erros foram observados para os subprodutos de goiaba (0,85 Mcal/kg), mandioca haste (1,36 Mcal/kg), mandioca rama (-1,14 Mcal/kg) e maracujá (0,81 Mcal/kg). Já para o modelo de Detmann as maiores distorções foram observadas para os subprodutos goiaba, mandioca haste e mandioca rama, onde os erros de predição foram de 0,95; 1,44 e -0,91 Mcal/kg, respectivamente.

A estatística para regressão entre os valores observados e preditos pelos modelos sugeridos pelo NRC e Detmann para NDT e ED encontra-se na Tabela 8 e Figuras 5 e 6.

Tabela 8. Estatística para regressão entre os valores observados e preditos pelos modelos sugeridos pelo NRC e Detmann para nutrientes digestíveis totais (NDT) e energia digestível (ED)

Item	NDT		ED	
	NRC	Detmann	NRC	Detmann
Intercepto	22,109	4,255	-0,623	-2,074
Inclinação	0,698	0,948	1,173	1,648
r^2	0,338	0,404	0,554	0,702
Valor P (Ho: a = 0 e b = 1)	0,518	0,968	0,735	0,123
VM, %	1,931	0,748	-0,107	-0,127
CCC	0,567	0,587	0,668	0,669
QMEP, % ²	202,753	164,275	0,471	0,424

VM = viés médio, CCC = coeficiente de correlação concordante, QMEP = quadrado médio do erro de predição.

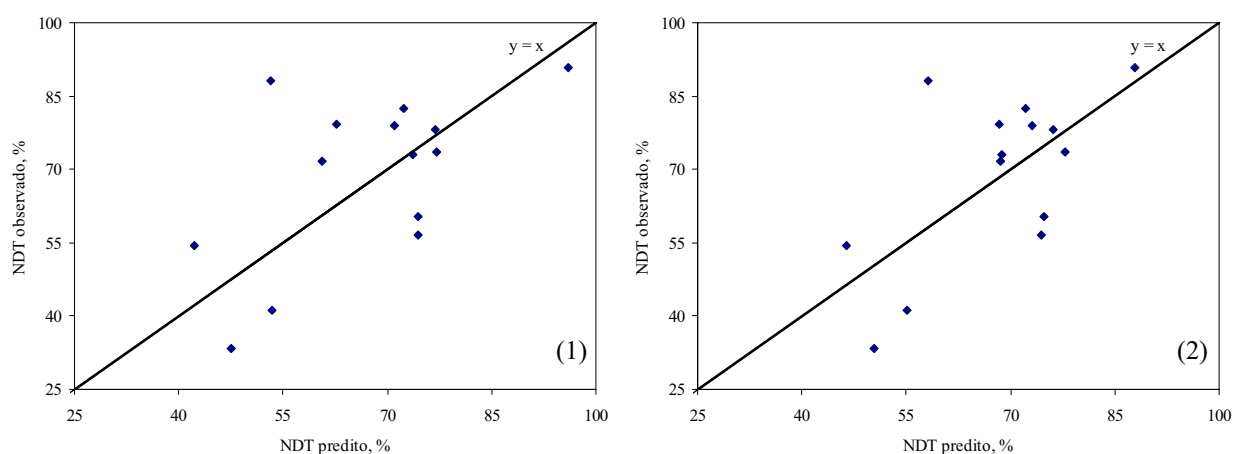


Figura 5. Relação entre os valores de nutrientes digestíveis totais (NDT) observados e preditos pela equação do NRC (2001) (1) e Detmann (2).

Houve aceitação da hipótese de nulidade ($P > 0,05$), como proposto inicialmente, para os modelos NRC e Detmann, significando que estes modelos estariam aptos a

predizerem o valor energético (NDT e ED) de subprodutos agrícolas e agroindustriais em condições brasileiras.

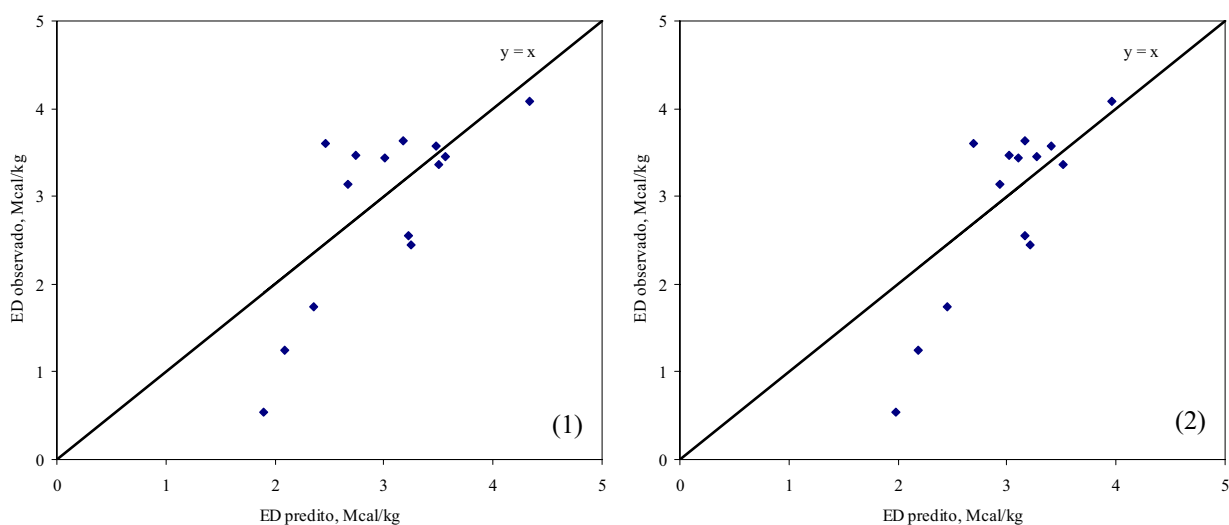


Figura 6. Relação entre os valores de energia digestível (ED) observados e preditos pela equação do NRC (2001) (1) e Detmann (2).

Costa et al. (2005) e Pereira et al. (2008) também observaram que os modelos do NRC (2001) foram eficientes para determinação do valor energético (NDT) dos alimentos estudados nas condições brasileiras.

No entanto, para o NDT observou-se que existiu grande dispersão dos pontos em relação à linha de igualdade ($Y = X$). Esta variabilidade dos pontos na Figura 5 pode ser melhor interpretada quando se observou, nos modelos avaliados, o elevado valor do QMEP (superior a $164\%^2$), os baixos valores do r^2 (inferior a 41%), CCC (inferior a 0,59) e principalmente, indicou que apesar dos modelos serem exatos eles não foram precisos em estimar os valores energéticos observados para os subprodutos agrícolas e agroindustriais.

Numa análise mais criteriosa pode-se dizer que os resultados da regressão para o valor energético dos subprodutos estimados pelo modelo do NRC (2001) foram incoerentes biologicamente, já que apenas para o modelo da PBad existiu equivalência

($P > 0,05$) entre os valores observados. Isto porque, o valor energético de um alimento ou dieta é obtido da energia de cada uma das frações nutricionais e essas são independentes. Desta forma o valor energético do alimento poderia ser expresso como a soma algébrica simples das partes, ou seja, por um processo somativo, no qual, não seriam consideradas interações entre as partes, pois, caso isto ocorresse, migrar-se-ia de um sistema somativo para um sistema interativo (Detmann et al. 2008c).

Como os dois modelos foram baseados em sistemas somativos, a precisão e exatidão da predição das frações digestivas de PB, EE e CNF para o modelo de Detmann foram anulados pela falta de precisão da fração de FDNd em predizer com maior precisão o valor energético dos subprodutos (Tabela 9). Enquanto, para o modelo NRC, as divergências de cada fração digestível quantificadas separadamente, possibilitaram que estimativas de valor energético (NDT) pudessem se tornar válidas estatisticamente.

Neste contexto, existe falsa impressão que é possível utilizar o modelo NRC (2001) para estimar o valor energético de subprodutos agrícolas e agroindustriais em condições tropicais, pois, não é possível o balanceamento de rações para bovinos desconsiderando as partes (PBad, EEad, CNFad e FDNd) que são capazes de produzir energia no sistema biológico representado pelo animal ruminante.

Considerando que o modelo de Detmann apresentou maior r^2 , menor QMEP, menor VM e maior CCC em todas as frações digestíveis em relação ao modelo NRC (2001), além de ter sido desenvolvido exclusivamente com base em informações de alimentos produzidos nos trópicos, sugere-se que esse modelo seja mais adequado para estimar a energia de subprodutos do que o NRC (2001).

Tabela 9. Viés médio para as frações digestíveis obtidas pelo NRC (2001) e Detmann

Item	Viés médio	
	NRC	Detmann
PBad	-0,936	-0,076
EEad	0,298	-0,128
CNFad	-5,173	-2,159
FDNd	6,951	3,265
Soma total	1,14	0,902

PBad = proteína bruta aparentemente digestível; EEad, extrato etéreo aparentemente digestível; CNFad = carboidratos não fibrosos aparentemente digestível; FDNd = fibra em detergente neutro digestível.

4. Conclusões

Recomenda-se usar os modelos propostos por Detmann para prever as frações digestíveis da PB, EE e dos CNF em subprodutos agrícolas e agroindustriais.

Há necessidade de mais pesquisas para o desenvolvimento de modelos mais adequados para estimar a fração digestível da FDN, já que esta foi a principal limitante para estimativas precisas e acuradas do valor energético de subprodutos agrícolas e agroindustriais.

5. Literatura Citada

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY – AOAC. **Official Methods of Analysis**, 15th ed. AOAC International, Arlington. 1990.

BIBBY, J.; TOUTENBURG, H. **Prediction and improved estimation in linear models**. New York: J. Wiley and Sons, 1977.

CLIPES, R.C. **Degradação ruminal de compostos fibrosos e nitrogenados em gramíneas tropicais**. Tese (Doutorado em Produção Animal). Campos, RJ. 69p. Universidade Estadual do Norte Fluminense. 2007

COCHRAN, W.G.; COX, G. M. **Experimental Design**. John Wiley & Sons, New York. 1957.

CONRAD, H.R.; WEISS, W.P.; ODWONGO, W.O. et al. Estimating net energy lactation from components of cell solubles and cell walls. **Journal of Dairy Science**, v.67, n.2, p.427-436, 1984.

COSTA, M.A.L.; VALADARES FILHO, S.C.; VALADARES, R.F.D. et al. Validação das equações do NRC (2001) para predição do valor energético de alimentos nas condições brasileiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.1, p.280-287, 2005.

DETMANN, E.; MAGALHÃES, K.A.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Desenvolvimento de um sub-modelo bi-compartimental para estimação da fração digestível da proteína bruta em bovinos a partir da composição química dos alimentos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, p. 2215-2221, 2008a.

DETMANN, E.; PAULINO, M.F.; VALADARES FILHO, S.C. Avaliação nutricional de alimentos ou de dietas? Uma abordagem conceitual. In: VALADARES FILHO, S.C.; PAULINO, M.F.; PAULINO, P.V.R; et al. VI SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE. **Anais...**Viçosa, MG:UFV, DZO, p.21-51. 2008c.

DETMANN, E.; PAULINO, M.F.; ZERVOUDAKIS, J.T. et al. Evaluation of digestibility of acid detergent insoluble nitrogen in cattle grazing a signal grass pasture. In: WORLD CONFERENCE OF ANIMAL PRODUCTION, 9., 2003, Porto Alegre. **Proceedings...** Porto Alegre: World Association for Animal Production, 2003 (CD-ROM).

DETMANN, E.; PINA, D.S.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Estimação da fração digestível da proteína bruta em dietas para bovinos em condições brasileiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa-MG, v. 35, n. 5, p. 2101-2109, 2006a.

DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C.; HENRIQUES, L.T. et al. Estimação da Digestibilidade dos Carboidratos Não-Fibrosos em Bovinos utilizando-se o Conceito de Entidade Nutricional em Condições Brasileiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa-MG, v. 35, n. 4, p. 1479-1486, 2006c.

DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C.; HENRIQUES, L.T. et al. Reparametrização do modelo baseado na lei de superfície para predição da fração digestível da fibra em detergente neutro em condições brasileiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, p. 155-164, 2007.

DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C.; PINA, D.S. et al. Estimação da Digestibilidade do Extrato Etéreo em Ruminantes a Partir dos Teores Dietéticos: Desenvolvimento de um Modelo para Condições Brasileiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa-MG, v. 35, n. 4, p. 1469-1478, 2006b.

DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C.; PINA, D.S. et al. Prediction of the energy value of cattle diets based on the chemical composition of the feeds under tropical conditions. **Animal Feed Science and Technology**, v. 143, p. 127-147, 2008b.

DETMANN, E.; ZERVOUDAKIS, J.T.; CABRAL, L.S. et al. Validação de equações preditivas da fração indigestível da fibra em detergente neutro em gramíneas tropicais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa-MG, v. 33, n. 6, p. 1866-1875, 2004a.

HALL, M.B. **Neutral Detergent-Soluble Carbohydrates. Nutritional Relevance and Analysis**. University of Florida, Gainesville. 2000.

LICITRA, G., HERNANDEZ, T.M., VAN SOEST, P.J. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. **Animal Feed Science and Technology**, v.57, p. 347-358, 1996.

LIN, L. A Concordance Correlation Coefficient to Evaluate Reproducibility. **Biometrics** 45, p. 255-268, march/1989.

MAGALHÃES, K.A. **Tabelas brasileiras de composição de alimentos, determinação e estimativa do valor energético de alimentos para bovinos**. Viçosa, MG. 263p. Tese (Doutorado em Zootecnia), Universidade Federal de Viçosa, 2007.

MAYER, D.G., STUART, M.A.; SWAIN, A.J. Regression of real-world data on model output: An appropriate overall test of validity. **Agriculture System**, v.45, p.93-104, 1994.

MERTENS, D.R. Analysis of fiber in feeds and its use in feed evaluation and ration formulation. In: Simpósio Internacional de Ruminantes, 1992, Lavras. **Anais...** Lavras: Sociedade Brasileira de Zootecnia, p.1-32. 1992.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7.ed. Washington, D.C.: 2001. 381p.

OLIVEIRA, A.S.; CAMPOS, J.M.S.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Substituição do milho por casca de café ou de soja em dietas para vacas leiteiras: consumo, digestibilidade dos nutrientes, produção e composição do leite. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, p. 1172-1182, 2007.

PEREIRA, E.S.; Regadas Filho, J.G.; ARRUDA, A.M.V. et al. Equações do NRC (2001) para predição do valor energético de co-produtos da agroindústria no nordeste brasileiro. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 9, p. 258-269, 2008.

PINA, D.S.; VALADARES FILHO, S.C.; Detmann, E. et al. Efeitos de indicadores e dias de coleta na digestibilidade dos nutrientes e nas estimativas do valor energético de alimentos para vacas alimentadas com diferentes fontes de proteína. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, p. 2461-2468, 2006.

ROCHA JÚNIOR, V.R.; VALADARES FILHO, S.C.; BORGES, A.M. et al. Estimativa do valor energético dos alimentos e validação das equações propostas pelo NRC (2001). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa-MG, v. 32, n. 2, p. 480-490, 2003.

SILVA, J.F.C.; LEÃO, M.I. **Fundamentos da nutrição de ruminantes**. Piracicaba, Livroceres, 1979. 380 p.

SILVA, P.A.; VALADARES FILHO, S.C.; VALADARES, R.F.D. et al. Valor energético do capim-elefante em diferentes idades de rebrota e estimativa da digestibilidade in vivo da fibra em detergente neutro. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 59, n. 3, p. 711-718, 2007.

SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D.; VAN SOEST, P.J. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets. II. Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, v.70, n.7, p.3562-3577, 1992.

VALADARES FILHO, S.C.; BRODERICK, G.A.; VALADARES, R.F.D. et al. Effect of replacing alfalfa silage with high moisture corn on nutrient utilization and milk production. **Journal of Dairy Science**, v.83, p.106-114, 2000.

VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B. **Analysis of forages and fibrous foods**. Cornell University, Ithaca. 1985.

WEISS, W.P.; CONRAD, H.R.; St.PIERRE, N.R. A theoretically-based model for predicting total digestible nutrient values of forage and concentrates. **Animal Feed Science and Technology**, v.39, p.95-110, 1992.

Cinética da degradação *in situ*, *in vitro* e predição da fibra em detergente neutro digestível de subprodutos agrícolas e agroindustriais

RESUMO - Objetivou-se avaliar a cinética de degradação *in situ*, a cinética de produção de gases *in vitro* e prever a fibra em detergente neutro digestível (FDNd), a partir dos tempos de incubação, dos parâmetros da cinética de degradação *in situ* e *in vitro*, e de equações ajustadas para subprodutos agrícolas e agroindustriais. Foram avaliados os subprodutos de abacaxi, cacau, dendê, farelo de glúten de milho, feijão, girassol, goiaba, mandioca casca, mandioca haste, mandioca rama, mamão, manga, maracujá e nabo. Existiram diferenças ($P < 0,05$) entre os subprodutos na fração potencialmente degradável (B) da FDN e na taxa de degradação da FDN *in situ* e no volume final dos gases gerados pelos carboidratos fibrosos (VF_{CF}). Existiram diferenças ($P < 0,05$) entre os subprodutos para o período de latência e para a taxa fracional de degradação dos CF *in vitro*. Existiu equivalência ($P > 0,05$) entre os valores preditos *in situ* e os observados *in vivo* de FDNd, no entanto, existiu pouca precisão das estimativas. A degradabilidade nos tempos de incubação *in vitro* de 30 e 48 horas apresentou equivalência com os valores observados, mas também, não apresentou precisão nas estimativas. As equações ajustadas sem lignina não foram precisas e acuradas para estimar a FDNd de subprodutos agrícolas e agroindustriais. A equação com lignina e com taxa de digestão obtidas pelo método *in vitro* apresentou estimativas mais precisas. Os subprodutos feijão, mandioca casca e mamão apresentam maior disponibilidade da FDN, enquanto o de goiaba é o de menor disponibilidade da FDN. A fração digestível da FDN pode ser predita pela digestibilidade *in vitro* da FDN em 30 ou 48 horas de incubação e pelas degradações da FDN obtidas *in situ* durante 24, 48 ou 72 horas de incubação. Contudo, a melhor predição parece ser obtida com o tempo de incubação *in situ* de 72 horas. A equação ajustada utilizando as taxas de digestão *in vitro* ou *in situ*, permite prever a disponibilidade da FDN de subprodutos agrícolas e agroindustriais.

PALAVRAS-CHAVES: carboidratos fibrosos, produção de gases, resíduos

Kinetics of degradation in situ, in vitro and prediction of digestible neutral detergent fiber of agricultural and agro-industrial by-products

ABSTRACT - Aimed to evaluate the kinetics of degradation in situ, the kinetics of gas production in vitro and predicting the digestible neutral detergent fiber (NDFd) from the time of incubation, the parameters of kinetics of degradation in situ and in vitro, and adjusted equations for agricultural and agribusiness by-products. We evaluated the products of pineapple, cocoa, palm oil, corn gluten feed, beans, sunflower seeds, guava, cassava peel, cassava stem, raw cassava, papaya, mango, passion fruit and turnip. There were differences ($P < 0.05$) between products in potentially degradable fraction (B) of the NDF and the rate of degradation of NDF in situ and in the final volume of gases generated by fibrous carbohydrates (VF_{CF}). There were differences ($P < 0.05$) between by-products for the period of latency and the fractional rate of degradation of CF in vitro. There equivalence ($P > 0.05$) between the values predicted in situ and observed in vivo in NDFd, however, there is little precision of estimates. The degradation in the time of incubation in vitro, 30 and 48 hours were equivalent to the observed values, but showed no accuracy in the estimation. The adjusted equations without lignin were not precise and accurate to estimate NDFd of agricultural and agroindustrial by-products. The equation with lignin and rate of digestion obtained by in vitro method showed more accurate estimates. The by-products beans, cassava and papaya peel have a higher availability of the NDF, while the guava is to lower availability of the NDF. The digestible fraction of NDF can be predicted by in vitro digestibility of NDF at 30 or 48 hours of incubation and the degradation of NDF obtained in situ for 24, 48 or 72 hours of incubation. However, the prediction seems to be best achieved by the time of incubation in situ for 72 hours. The equation set using the rates of digestion in vitro or in situ, can predict the availability of the NDF of agricultural and agroindustrial by-products.

KEY WORDS: fibrous carbohydrates, gas production, waste

1. Introdução

O uso de alimentos em dietas para ruminantes é dependente de conhecimentos sobre sua composição química, disponibilidade de seus nutrientes, comportamento no trato gastrintestinal, bem como da avaliação do consumo e desempenho.

Entre os diferentes componentes dos alimentos, a fração fibrosa é de fundamental importância em sistemas de produção tropicais, pois fornece quantidade significativa de energia a baixo custo (Detmann et al., 2004). Para Kendall et al. (2009), maximizar a ingestão de carboidratos digestíveis é importante, pois a energia necessária para a manutenção e produção muitas vezes ultrapassa a capacidade de consumo de animais de alta produção.

A fibra em detergente neutro (FDN) é o principal componente do alimento que afeta o consumo de matéria seca de animais de alta produção (Waldo, 1986). Neste sentido, em dietas com alta concentração de FDN, o consumo de matéria seca é influenciado pelo enchimento ruminal (Mertens, 1987).

Porém, a FDN não é um componente homogêneo. Desta forma, alimentos com elevada taxa de degradação da FDN estão correlacionados positivamente com o consumo de matéria seca (Van Soest, 1994). Entretanto, isto não se aplica ao teor da FDN, isto é, alimentos com concentração similar da FDN podem ter diferentes níveis de consumo de matéria seca, o qual é limitado pela quantidade da FDN não degradada no rúmen (Andriquetto et al., 1993).

A digestibilidade da FDN é dependente do tempo que permanece dentro do trato digestivo para a hidrólise e, conseqüentemente, seu aproveitamento é influenciado tanto pelas taxas de digestão como pela taxa de passagem (tempo de retenção). A digestibilidade ruminal da FDN dos alimentos pode variar entre 25% a 75% para diferentes tipos forragem (NRC, 2001).

As equações somativas para predizerem as frações digestíveis dos alimentos foram desenvolvidas considerando as relações entre causa e efeito dos componentes químicos e sua disponibilidade no trato digestivo (Van Soest, 1967). No entanto, os métodos biológicos costumam ser utilizados por melhor caracterizar a fração fibrosa digestível do alimento (Weiss, 1998).

Existem dúvidas sobre a exatidão da fibra em detergente neutro digestível (FDNd) estimada a partir da FDNd *in vitro* (Weiss e Wyatt, 2002). Segundo Kendall et al. (2009), diferenças de 5,5 e 8,5% foram observadas entre os valores obtidos *in vivo* e aqueles estimados *in vitro* durante 48h de incubação para dietas com 28 e 32% de FDN, respectivamente. Do mesmo modo, Oba e Allen (2000) relataram que apesar de não ter observado diferenças significativas, observaram diferenças de 9,4 unidades percentuais entre a FDNd obtida *in vitro* durante 30 horas de incubação e aqueles observados *in vivo* para bovinos alimentados com dietas à base de silagem de milho.

Magalhães (2007) e Silva et al. (2007) observaram que o tempo de incubação de 72 horas foi o melhor tempo de correlação entre a FDNd *in vivo* e a degradação desta fração *in situ* para forragens tropicais.

Neste sentido, objetivou-se avaliar a cinética de degradação *in situ*, a cinética de produção de gases *in vitro* e predizer a FDNd, a partir dos tempos de incubação, dos parâmetros da cinética de degradação *in situ* e *in vitro*, e de equações ajustadas para subprodutos agrícolas e agroindustriais.

2. Material e Métodos

2.1 – Local e subprodutos

O trabalho foi conduzido no Departamento de Zootecnia, do Centro de Ciências Agrárias, da Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa, Minas Gerais e a fase de campo foi realizada no período de outubro a novembro de 2006.

Foram avaliados os subprodutos de abacaxi, cacau, dendê, farelo de glúten de milho, feijão, girassol, goiaba, mandioca casca, mandioca haste, mandioca rama, mamão, manga, maracujá e nabo. A composição química dos 14 subprodutos agrícolas e agroindustriais pode ser observada na Tabela 1.

2.2 – Determinação da composição química

Todos os subprodutos coletados foram submetidos à pré-secagem a 60 °C durante 72 horas e moídos em moinho de facas com peneira de porosidade de 1mm de diâmetro, para posteriores análises do conteúdo de matéria seca (MS) (ID 934.01), proteína bruta (PB) (ID 984.13), matéria orgânica (MO) (ID 942.05), extrato etéreo (EE) (ID 920.39) e fibra em detergente ácido (FDA) (ID 973.18), conforme os métodos do AOAC (1990).

Nas análises de fibra em detergentes neutro (FDN), as amostras foram tratadas com alfa-amilase termo-estável, sem o uso de sulfito de sódio e corrigido para cinzas residuais (Mertens, 1992). A correção da FDN e FDA para os compostos nitrogenados e a estimativa dos conteúdos de compostos nitrogenados insolúveis nos detergentes neutro (NIDN) e ácido (NIDA) foram feitas conforme Licitra et al. (1996). Os conteúdos de lignina foram obtidos por meio da solubilização da celulose pelo ácido sulfúrico (Van Soest e Robertson, 1985).

Tabela 1. Composição química de 14 subprodutos agrícolas e agroindustriais

Item	MS ¹	MO ²	PB ²	PIDN ³	PIDA ³	EE ²	FDNcp ²	CNF ²	FDA ²	LIG ²	FDNi ²	FDAi ²
ABA	13,91	95,27	7,09	50,49	44,38	0,78	60,20	27,20	34,11	3,71	14,94	7,02
CAC	89,34	92,58	14,33	55,14	47,46	5,07	36,97	36,22	40,09	18,54	32,13	29,84
DEN	92,44	97,04	16,10	94,91	58,32	10,71	52,30	17,93	35,94	11,18	25,29	16,22
FGM	85,76	94,22	21,86	38,24	13,26	2,84	22,68	46,84	12,46	1,44	4,00	1,04
FEI	87,22	95,54	23,92	35,83	25,44	1,95	29,48	40,19	6,69	0,18	0,49	0,00
GIR	92,73	94,87	36,88	11,80	5,57	2,13	18,63	37,22	13,31	5,24	9,50	7,61
GOI	28,56	98,61	8,62	26,77	18,85	7,68	72,96	9,35	59,74	22,10	65,70	50,88
MAM	10,07	94,93	14,80	86,87	27,41	7,28	29,38	43,48	32,74	7,74	7,87	5,27
MCA	25,56	96,63	3,73	58,82	7,41	0,59	15,75	76,56	15,56	5,54	14,16	11,07
MHA	89,98	96,26	5,44	47,15	21,34	0,92	65,11	24,79	57,12	20,01	64,62	52,93
MRA	21,85	91,81	24,17	59,80	55,96	2,38	40,44	24,82	36,26	9,61	33,99	25,27
MAG	34,50	97,61	5,05	79,17	22,64	4,00	32,55	56,01	23,78	7,25	19,97	14,75
MAR	19,53	96,32	9,97	17,98	7,70	12,20	54,77	19,38	42,70	7,79	33,67	26,14
NAB	91,62	94,29	27,59	19,93	18,73	24,28	22,72	19,69	19,69	7,53	17,91	12,51

ABA = abacaxi; CAC = cacau; DEN = dendê; FGM = Farelo de glúten de milho; FEI = feijão; GIR = girassol; GOI = goiaba; MAM = mamão; MCA = mandioca casca; MHA = mandioca haste; MRA = mandioca rama; MAG = manga; MAR = maracujá; NAB = nabo.

1 %, 2 % na MS, 3% na PB.

MS = matéria seca, MO = matéria orgânica, PB = proteína bruta, PIDN = proteína insolúvel em detergente neutro, PIDA = proteína insolúvel em detergente ácido, EE = extrato etéreo, FDNcp = fibra em detergente neutro livre de cinzas e proteína, CNF = carboidratos não fibrosos, FDA = fibra em detergente ácido, LIG = lignina, FDNi = fibra em detergente neutro indigestível e FDAi = fibra em detergente ácido indigestível.

Os conteúdos de carboidratos não-fibrosos (CNF) dos subprodutos, expressos em % na MS, foram calculados de acordo com Hall (2000) como $100 - (\%FDN + \%PB + \%EE + \%MM)$ e os nutrientes digestíveis totais (NDT) foram calculados como: $NDT = \%PB_{digestível} + \%FDN_{digestível} + \%CNF_{digestível} + 2,25 * \%EE_{digestível}$.

Para avaliação dos teores de fibra em detergente neutro indigestível (FDNi) e fibra em detergente ácido indigestível (FDAi), três repetições de cada subproduto foram acondicionados em sacos confeccionados com tecido não-tecido (TNT) na gramatura de $100g/m^2$, com as dimensões 4 x 5 cm e seguindo-se a relação sugerida por Nocek

(1988) de 20 mg de MS/cm² de superfície e o tempo de incubação proposto por Casali et al. (2008) de 264 horas.

2.3 - Cinética de degradação *in situ* da fibra em detergente neutro

Para a incubação *in situ* foram utilizados três bovinos machos mestiços (Holandês x Zebu), castrados, canulados no rúmen, com peso médio de 260 kg. Os animais receberam dieta contendo 70% de volumoso e 30% de concentrado.

As amostras foram secas em estufa a 60°C por 72 horas, processadas em moinho de facas com peneira de 2 mm de crivo e homogeneizadas formando uma amostra composta para cada resíduo para incubação posterior.

Os subprodutos foram incubados (2 g de MS em cada saco) em duplicata, em sacos confeccionados com tecido não-tecido (TNT) na gramatura de 100g/m² e seguindo-se a relação sugerida por Nocek (1988) de 20 mg de MS/cm², nos seguintes tempos de incubação, em ordem decrescente: 144, 120, 96, 72, 48, 24, 12, 6 e 3 h. Depois de retirados do rúmen, estes, juntamente com o tempo zero, foram lavados em água corrente até o total clareamento e transferidos para estufa de ventilação forçada (60°C), onde foram mantidos por 72 horas. Sequencialmente, foram secos em estufa não-ventilada (105°C por 45 minutos), acondicionados em dessecador e pesados para obtenção da MS não-digerida.

Posteriormente, os sacos foram tratados com detergente neutro (Mertens, 2002) por 60 minutos, em autoclave (Pell e Schofield, 1993) a 105°C, lavados com água quente e acetona, secos e pesados, conforme procedimento anterior, para quantificação da FDN não-digerida.

Os dados de degradação *in situ* foram obtidos pela diferença de peso, encontrada para cada componente, entre as pesagens efetuadas antes e após a incubação ruminal e

expressos em porcentagem. Para estimação da fração potencialmente degradável foi utilizado o modelo exponencial decrescente, corrigido para o período de latência (L) descrito por Mertens (1976), de acordo com a fórmula:

$$\hat{Y} = B * \exp^{-kd*(t-L)} + I$$

em que \hat{Y} representa o resíduo não-digerido de MS ou FDN no tempo t (%); B, a fração potencialmente degradável da fibra (%); kd, a taxa relativa à dinâmica de degradação ruminal da fração B (h^{-1}); t, o período de incubação em horas; L, a latência (h); e I, a fração indegradável (%), a qual representa os teores de FDNi.

A fração efetivamente degradada da FDN (DEFDN) foi estimada pela equação (Mertens e Loften, 1980):

$$DEFDN = B*kd*\exp(-kp*L)/(kd + kp)$$

em que k equivale à taxa de passagem da digesta pelo rúmen, assumindo-se valor de kp igual a $0,02 h^{-1}$.

2.4 - Cinética da produção cumulativa de gases in vitro para os carboidratos fibrosos (CF) e não fibrosos (CNF)

Para as incubações foram utilizadas seringas calibradas de acordo com procedimento descrito por Getachew et al. (2004).

As seringas com capacidade de 100 mL foram previamente lavadas com água destilada, secas em estufa e posteriormente lubrificadas com vaselina, onde foram colocadas, aproximadamente, 200 mg do subproduto estudado.

A solução tampão, macro e micromineral, descrita por Menke e Steingass (1988), foi preparada no dia anterior à incubação, sendo mantida aquecida a $39^{\circ}C$, sob gaseificação contínua por CO_2 , sobre um agitador.

Os animais doadores do inóculo foram os mesmos do experimento *in situ*. O líquido ruminal foi retirado manualmente pela manhã, antes do fornecimento da dieta, de várias partes do rúmen e armazenado em garrafas térmicas previamente aquecidas (39°C) e imediatamente levado para o laboratório. Em sala climatizada do laboratório (39°C), o líquido ruminal foi filtrado, passando por duas camadas de gazes de algodão. Posteriormente, foi adicionado à solução tampão, o líquido de rúmen numa relação 2:1 (v/v), sob injeção contínua de CO₂.

Foram utilizadas três seringas por alimento, onde em cada uma foram adicionados 30 mL do líquido ruminal tamponado sobre o substrato. Após o fechamento da extremidade da seringa com um clipe que estava conectado a uma borracha de silicone, para impedir o vazamento da amostra, introduziu-se o êmbolo até que alcançasse a remoção completa dos gases e posteriormente a seringa foi suavemente agitada.

Com a ponta fechada da seringa, o volume inicial foi anotado. A cada duas horas, foi feita a leitura, anotado o volume dos gases, sendo a seringa suavemente agitada. Os tempos de incubação utilizados foram: 0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 24, 26, 28, 30, 32, 36, 48, 52, 54, 56, 60 e 72 horas.

Os resultados foram corrigidos para o branco (seringa contendo fluido ruminal tamponado, sem a presença de amostra) e para o padrão (feno de capim tifton 85), às 24 h de incubação.

As variáveis da cinética dos carboidratos fibrosos (CF) e não-fibrosos (CNF) foram estimadas a partir da técnica de produção de gases *in vitro*. Foi utilizado o modelo bicompartimental, ajustado às curvas de produção cumulativa dos gases (Schofield et al., 1994).

$$V = VF_{CNF} / (1 + \exp(2 - 4 * kd_{CNF} * (T - L))) + VF_{CF} / (1 + \exp(2 - 4 * kd_{CF} * (T - L))),$$

em que: $V_{F_{CNF}}$ equivale ao volume máximo dos gases da fração dos CNF; kd_{CNF} , à taxa de degradação (h^{-1}) desta mesma fração (CNF); $V_{F_{CF}}$, ao volume máximo de gás da fração dos CF; kd_{CF} , à taxa de degradação (h^{-1}) dos CF; e T e L, aos tempos de incubação (horas) e à latência (horas), respectivamente.

Após estimativa das variáveis da cinética de produção de gases dos carboidratos, foram construídas as curvas de degradação dos CF em função do tempo de incubação, para os dados obtidos pelo método de produção de gases.

Os dados obtidos sobre os parâmetros da degradabilidade da FDN e produção dos gases dos CNF e CF, nos diferentes métodos (*in situ* e *in vitro*) e nos diferentes tempos de incubação, foram ajustados por regressão não-linear pelo método de Gauss-Newton, conforme os respectivos modelos já informados anteriormente, implantado no programa *Statistical Analysis System* (SAS Institute, 2000).

Foram realizadas análises de variância, aplicando-se o teste F. Para as variáveis cujo teste F foi significativo, compararam-se as médias, utilizando-se o critério Scott Knott a 5% de probabilidade.

2.5 - Digestibilidade in vitro da FDN em 30 e 48 horas

Para as incubações foram utilizados frascos de vidro de acordo com procedimento descrito por Schofield et al. (1994). Os frascos de vidro com capacidade de 50 mL foram previamente lavados com água destilada, secos em estufa, sendo posteriormente colocadas, aproximadamente, 200 mg do subproduto em estudo.

A solução tampão, macro e micromineral, além do líquido ruminal, foi a mesma descrita no experimento para cinética de produção de gases *in vitro*.

Foram utilizados três frascos por subproduto, onde em cada um foram adicionados 30 mL do líquido ruminal tamponado sobre o substrato e vedados

imediatamente com rolhas de borracha e seladas com anilhas de alumínio visando garantir a completa manutenção dos gases em seu interior.

Após 30 e 48 horas de incubação, os frascos foram removidos da sala aclimatizada e levados para geladeira a 4°C, para cessar o processo fermentativo. Posteriormente, foram adicionados em cada frasco 30 mL de solução detergente neutro (Mertens, 2002) e, em seguida, levados para serem autoclavados, durante 60 minutos, a 105°C, segundo técnica proposta por Pell e Schofield (1993). Em seguida, os conteúdos de cada frasco de vidro foram filtrados em cadinho filtrante de porosidade zero, lavados com água destilada quente e acetona e secos em estufa a 105°C por 16 horas.

2.6 - Predição e validação da fração de fibra em detergente neutro digestível (FDNd)

Para predição da fração digestível da FDN avaliou-se a equação proposta por Conrad et al. (1984), adaptada por Tedeschi et al. (2009) e uma modificação da equação adaptada por Tedeschi et al. (2009), resultando nas seguintes equações:

- Equação proposta por Conrad et al. (1984) e adaptada por Tedeschi et al. (2009):

$$\widehat{FDNd} \text{ (\% da MS)} = \left[\left(\frac{Kd_{CF}}{Kd_{CF} + Kp} \right) + 0,2 \right] \times (FDN - NIDN)$$

- Equação modificada:

$$\widehat{FDNd} \text{ (\% da MS)} = \left(\frac{Kd_{CF}}{Kd_{CF} + Kp} \right) \times (FDN_{cp} - LIG)$$

Considerou-se nesta avaliação a taxa de passagem (Kp) de 0,02 h⁻¹ e duas taxas de digestão (Kd) (obtidas *in vitro* pela técnica de produção de gases e *in situ*).

As informações sobre a FDNd dos subprodutos agrícolas e agroindustriais obtidas *in vivo* nos capítulos II, III e IV estão apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2. Fibra em detergente neutro digestível (FDNd) em diferentes subprodutos agrícolas e agroindustriais¹

Subprodutos agrícolas e agroindustriais	FDNd (% da MS)
Abacaxi	46,11
Cacau casquinha	6,49
Dendê	33,31
Farelo de glúten de milho	12,85
Feijão bandinha	20,98
Girassol	12,02
Goiaba	14,56
Mamão	20,13
Mandioca casca	5,56
Mandioca haste	43,42
Mandioca rama	35,07
Manga	22,12
Maracujá	25,86
Nabo	10,52

¹ Resultado obtido nos capítulos II, III e IV.

Para os procedimentos de validação das frações digestíveis observadas e previstas pelos tempos de incubação, parâmetros dos modelos da equação ajustada, basearam-se no ajustamento do modelo de regressão linear simples, sendo as estimativas dos parâmetros de regressão testadas pela hipótese de nulidade conjunta segundo Mayer et al. (1994):

$$H_0 : \beta_0 = 0 \text{ e } \beta_1 = 1 \quad X \quad H_a : \text{não } H_0.$$

Sob o caso de não rejeição da hipótese de nulidade, concluí-se pela equivalência entre os valores observados e previstos.

O viés médio (VM) foi calculado conforme (Cochran e Cox, 1957) conforme a equação abaixo:

$$VM = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (xi - yi); \text{ em que: } x = \text{valores observados; } y = \text{valores preditos.}$$

O coeficiente de correlação concordante (CCC), também conhecido como índice de reprodutibilidade, que considera simultaneamente exatidão e precisão, foi calculado conforme Lin (1989).

A avaliação comparativa da eficiência de predição foi realizada pela avaliação do quadrado médio dos erros de predição (QMEP), segundo descrito por Bibby e Toutenburg (1977), conforme a equação abaixo:

$$QMEP = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (xi - yi)^2$$

Em que: x = valores observados; y = valores preditos. Faz-se necessário uma ressalva de que para todos os cálculos de variância, empregou-se como divisor o total de observações (n).

Para todos os procedimentos estatísticos fixou-se em 0,05 o nível crítico de probabilidade para o erro tipo I. Todos os procedimentos estatísticos foram realizados utilizando-se o programa Model Evaluation System (MES), versão 3.0.11.

3. Resultados e Discussão

3.1 – Parâmetros da cinética de degradação *in situ* da FDN

As médias das estimativas para os parâmetros da cinética de degradação *in situ* da fibra em detergente neutro de subprodutos agrícolas e agroindustriais, estão relacionadas na Tabela 3. Os valores estimados para a degradabilidade da FDN *in situ*, apresentados na Tabela 3, indicam que os subprodutos de abacaxi, dendê, farelo de glúten de milho feijão, girassol, mamão e manga foram os que obtiveram maiores (P<0,05) frações potencialmente degradável (B) e menores (P<0,05) frações

indegradável (I), não diferindo entre si. Esses subprodutos apresentaram estimativas de degradabilidade da FDN superior a 50% no tempo de 144 horas de incubação.

Tabela 3. Estimativa dos parâmetros da cinética de degradação *in situ* da fibra em detergente neutro de subprodutos agrícolas e agroindustriais

Resíduo	B	kd	L	I
Abacaxi	85,22a	0,012b	4,50	7,78b
Cacau	36,18b	0,026b	4,73	62,97a
Dendê	71,75a	0,013b	6,53	24,81b
Farelo de glúten de milho	80,68a	0,012b	12,10	0,01b
Feijão	82,18a	0,024b	7,91	0,01b
Girassol	55,25a	0,044b	1,35	38,54b
Goiaba	9,08b	0,060b	4,95	88,85a
Mamão	76,53a	0,022b	8,55	12,96b
Mandioca casca	28,85b	0,250a	4,50	43,92a
Mandioca haste	11,62b	0,063b	7,88	82,57a
Mandioca rama	32,08b	0,032b	4,95	63,03a
Manga	69,37a	0,010b	5,20	28,74b
Maracujá	34,60b	0,039b	4,50	62,39a
Nabo	32,04b	0,037b	3,83	62,76a
Valor P	0,0024	<0,0001	0,3214	0,0002
CV (%)	33,58	53,56	55,79	35,42

B = fração potencialmente degradável da fibra (%); kd = taxa relativa à dinâmica de degradação ruminal da fração B (h^{-1}); L = tempo de latência (h); e I = fração indegradável da fibra em detergente neutro (%).

As médias, nas colunas, com a mesma letra não diferem entre si pelo critério de Scott Knott ($P<0,05$).

Para a taxa de degradação da FDN (kd), o subproduto mandioca casca diferiu ($P<0,05$) dos demais subprodutos estudados por apresentar o maior valor ($0,250 h^{-1}$), sendo, dos subprodutos estudados, aquele com menor concentração de FDNcp (15,75% na MS). Isto indica que a FDN da mandioca casca fermenta-se rapidamente e pode ser

considerada como fonte adicional de energia aos microrganismos ruminais, já que possui alta concentração de CNF (76,56% na MS).

Geralmente, a degradação dos carboidratos fibrosos tende a ser afetada pela variação na taxa de passagem pelo rúmen-retículo, uma vez que apresentam menor taxa de digestão quando comparado aos carboidratos não-fibrosos (Mertens, 1993). No entanto, para o subproduto mandioca casca, apesar de não diferir ($P>0,05$) dos subprodutos cacau, mandioca haste, mandioca rama, goiaba, maracujá e nabo para os parâmetros ajustados da fração potencialmente degradável e da fração indegradável da FDN, comportou-se diferente, dos demais subprodutos, para a degradação da FDN, por apresentar maior ($P<0,05$) taxa de degradação desta fração. Além das estimativas indicarem FDN prontamente disponível para mandioca casca, as estimativas de fração degradadas foram de aproximadamente 54% no tempo de incubação de 144 horas, enquanto para os demais subprodutos foram inferiores a 38%.

3.2 – Parâmetros da cinética de produção de gases *in vitro*

As estimativas médias dos parâmetros da cinética de degradação *in vitro* dos CF e CNF (Tabela 4), indicam diferenças ($P<0,05$) entre os subprodutos agrícolas e agroindustriais. Considerando relação linear entre desaparecimento da FDN e VF_{CF} (Pell et al., 1994), pode-se inferir que o subproduto mandioca casca possibilitou maior ($P<0,05$) desaparecimento da FDN em relação aos demais subprodutos. Os subprodutos farelo de glúten de milho, feijão e mamão, apesar de apresentarem menor ($P<0,05$) disponibilidade dos CF em relação à mandioca casca, apresentaram superioridade ($P<0,05$) em relação aos demais subprodutos, já que produziram maiores VF_{CF} .

Os subprodutos dendê, goiaba, mandioca haste e maracujá foram os que proporcionaram menor ($P<0,05$) desaparecimento dos CF em relação aos demais

subprodutos, não diferindo entre si ($P>0,05$). A estratificação das diferenças entre os subprodutos foi maior na técnica de produção de gases em virtude da maior precisão, pois apresentaram coeficiente de variação inferior a 24%, enquanto para técnica *in situ* este valor foi superior a 33%.

Tabela 4. Estimativa dos parâmetros da cinética de degradação *in vitro* dos carboidratos fibrosos e não fibrosos de subprodutos agrícolas e agroindustriais

Resíduo	VF _{CNF}	kd _{CNF}	L	VF _{CF}	kd _{CF}
Abacaxi	1,157a	0,132	1,75c	0,409c	0,038a
Cacau	0,291e	0,137	0,88d	0,632c	0,029b
Dendê	0,826b	0,076	4,80a	0,321e	0,025b
Farelo de glúten de milho	0,457d	0,144	2,20b	1,263b	0,031b
Feijão	0,729c	0,166	1,67c	1,276b	0,039a
Girassol	0,484d	0,154	1,25d	0,664c	0,039a
Goiaba	0,822b	0,222	1,35d	0,072e	0,048a
Mamão	0,690c	0,180	1,77c	1,144b	0,042a
Mandioca casca	0,518d	0,168	2,46b	2,304a	0,036a
Mandioca haste	0,565d	0,121	1,07d	0,166e	0,028b
Mandioca rama	0,638c	0,131	4,53a	0,458d	0,032b
Manga	0,536d	0,153	1,12d	0,643c	0,036a
Maracujá	1,0624a	0,131	1,51c	0,281e	0,040a
Nabo	1,194a	0,130	0,55d	0,615c	0,032b
Valor P	<0,0001	0,0121	<0,0001	<0,0001	0,0019
CV (%)	13,65	23,83	16,30	16,57	15,80

VF_{CNF} equivale ao volume máximo dos gases da fração dos CNF, em mL/% CNF; kd_{CNF}, à taxa de degradação (h⁻¹) desta mesma fração (CNF); VF_{CF}, ao volume máximo de gás da fração dos CF, em mL/%FDNcp; kd_{CF}, à taxa de degradação (h⁻¹) dos CF; e T e L, aos tempos de incubação (horas) e à latência (horas), respectivamente.

As médias, nas colunas, com a mesma letra não diferem entre si pelo critério de Scott Knott ($P<0,05$).

Entre os subprodutos, a mandioca casca foi o que apresentou maior ($P<0,05$)

VF_{CF} indicando maior disponibilidade desta fração em relação aos demais subprodutos.

No entanto, os subprodutos do cacau e da goiaba foram os que proporcionaram menor

disponibilidade da FDN, já que produziram menores V_{FCF} em relação aos demais subprodutos.

Existiram diferenças ($P < 0,05$) entre os subprodutos para o período de latência, período em que não se verifica a degradação do substrato. Os subprodutos do dendê e mandioca rama foram os que proporcionaram maiores estimativas de período de latência, 4,80 e 4,53 horas, respectivamente, em relação aos demais subprodutos.

Para a taxa fracional de degradação dos CF houve influência do subproduto, sendo que os subprodutos de abacaxi, feijão, girassol, goiaba, mamão, mandioca casca, manga e maracujá foram superiores ($P < 0,05$) aos demais subprodutos.

3.3 – Predição da fibra em detergente neutro digestível pelos tempos de incubação e parâmetros *in situ* e *in vitro*

Para validação das estimativas obtidas *in situ* da FDNd, utilizaram-se regressões entre os valores observados *in vivo* e os resultados podem ser visualizados na Figura 3.

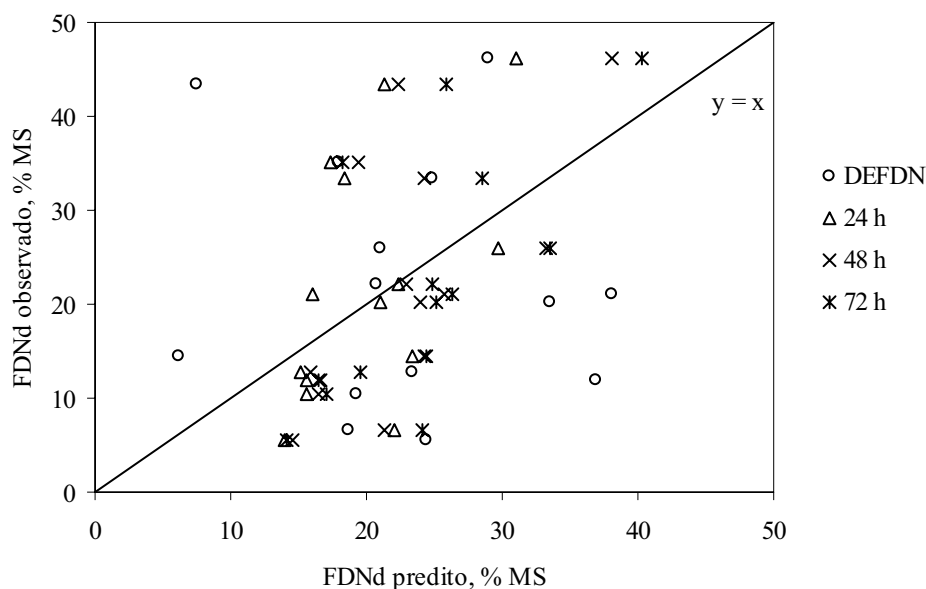


Figura 3. Relação entre os valores de fibra em detergente neutro digestível (FDNd) observados e preditos nos tempos de incubação *in situ* de 24, 48, 72 horas e pela degradabilidade efetiva da fibra em detergente neutro (DEFND).

Como pode ser visualizado na Figura 3, existiu grande dispersão dos valores preditos nos tempos de incubação *in situ* de 24, 48 e 72 horas e também pela DEFDN, entre a reta de igualdade ($Y = X$).

A FDNi é considerada indisponível tanto em nível de rúmen como de intestinos (Sniffen et al., 1992), consequência da alta concentração de lignina. A relação entre a FDNi obtida após 264 horas de incubação ruminal e a estimativa da fração indegradável da FDN obtida pelo modelo de Mertens e Loften (1980), mostrado na Figura 4, foi linear ($r^2 = 0,954$). Esse fato, indica que os subprodutos de cacau, mandioca casca, mandioca haste, mandioca rama, goiaba, maracujá e nabo, que apresentaram maiores ($P < 0,05$) estimativas da FDNi, proporcionaram menor disponibilidade energética da fração FDN aos microrganismos ruminais e as estimativas obtida pelo modelo de Mertens e Loften (1980) foram coerentes aos valores observados.

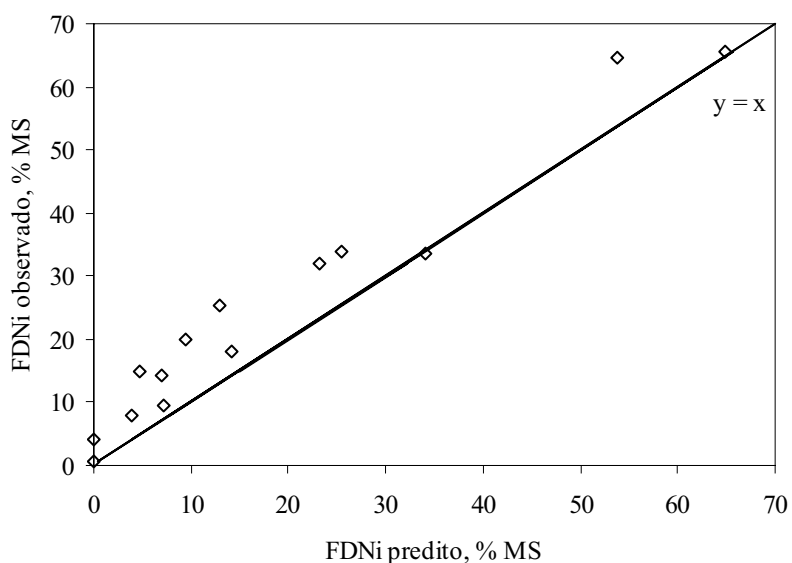


Figura 4. Relação entre fibra em detergente neutro indigestível (FDNi) observado (*in situ* após 264 horas de incubação) e predito pelo modelo de Mertens e Loften (1980)

Os resultados das regressões entre os valores observados *in vivo* e as estimativas obtidas *in vitro* da FDNd, podem ser observados na Figura 5.

Conforme ilustra a Figura 5, existiu tendência de super-estimação dos valores da FDNd e poucas diferenças entre os valores obtidos nos dois tempos de incubação.

Com base na estatística de regressão observada na Tabela 5 e mais especificamente para o teste de significância da hipótese de nulidade conjunta, pode-se dizer que para todos os parâmetros avaliados *in situ* apresentaram equivalência ($P > 0,05$) entre os valores preditos e os observados de FDNd para os subprodutos agrícolas e agroindustriais, com exceção da DEFND. No entanto, a FDNd após 72 horas de incubação foi o melhor preditor da FDNd entre os demais valores obtidos *in situ*, pois apresentou maior r^2 (0,438), menor VM (-2,087%), maior CCC (0,541) e menor QMEP (96,800%²).

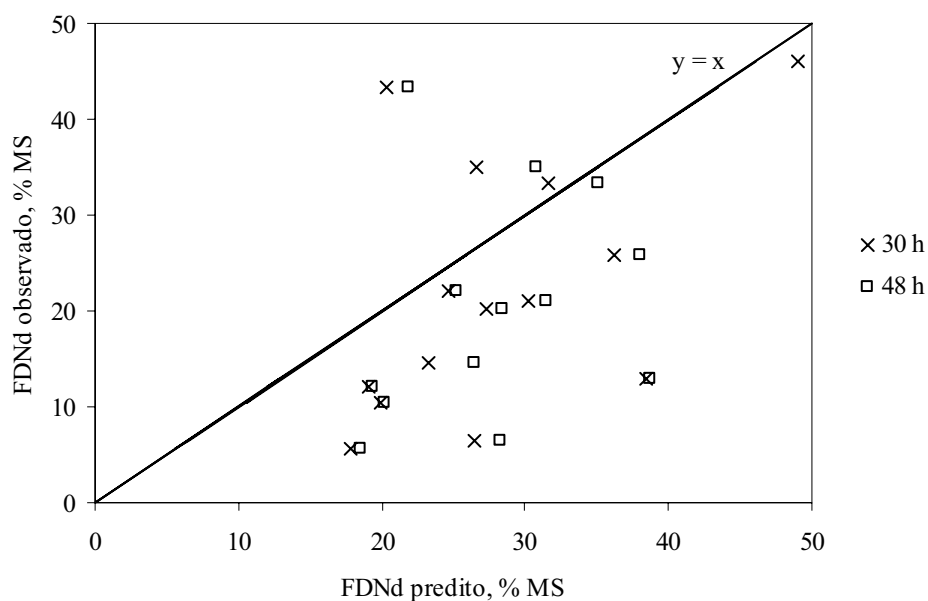


Figura 5. Relação entre os valores de fibra em detergente neutro digestível (FDNd) observados e preditos nos tempo de incubação *in vitro* de 30 e 48 horas.

Tabela 5. Estatística para regressão entre os valores observados e preditos *in situ* e *in vitro* fibra em detergente neutro digestível (FDNd)

Item	FDNd <i>in situ</i>				FDNd <i>in vitro</i>	
	DEFDN	24 horas	48 horas	72 horas	30 h	48 h
Intercepto	26,136	-3,575	-6,476	-7,723	2,049	-0,834
Inclinação	-0,177	1,270	1,253	1,233	0,717	0,777
r^2	0,016	0,262	0,399	0,438	0,227	0,275
Valor P (Ho: a = 0 e b = 1)	0,036	0,765	0,826	0,643	0,187	0,087
VM, %	-0,886	1,871	-0,715	-2,087	-5,853	-7,369
CCC	-0,121	0,349	0,506	0,541	0,386	0,399
QMEP, % ²	273,421	123,489	99,312	96,800	163,602	174,258

VM = viés médio, CCC = coeficiente de correlação concordante, QMEP = quadrado médio do erro de predição. DEF DN = degradabilidade efetiva da fibra em detergente neutro; tempos de incubação *in situ* de 24, 48, 72 horas e *in vitro* de 30 e 48 horas.

A super-estimação dos valores observados *in vivo*, também podem ser confirmados pelos valores do VM de -5,853 e -7,396, para os tempos de incubação *in vitro* de 30 e 48 horas, respectivamente. Kendall et al. (2009) também observaram que numericamente, os valores *in vivo* da FDNd foram inferiores aos valores da FDNd *in vitro*.

Apesar da grande dispersão dos dados de degradabilidade nos tempos de incubação *in vitro* de 30 e 48 horas, suas estimativas não diferiram ($P > 0,05$) pelo teste de hipótese para nulidade conjunta (Mayer et al., 1994), indicando que os valores preditos nestes tempos de incubação apresentaram equivalência com os valores observados para os subprodutos agrícolas e agroindustriais estudados.

Comparando as estimativas obtidas *in situ* e *in vitro*, nota-se que as com tempo de incubação *in situ* de 72 horas apresentaram maior CCC e menor QMEP do que as *in vitro*, sugerindo melhores resultados de predição.

3.4 – Predição da fibra em detergente neutro digestível por equação ajustadas

Para predição dos valores observados da FDNd por meio de equação que considera características químicas do alimento e também, parâmetros obtidos por métodos biológicos foi feito uma regressão (Figura 6).

Conforme ilustrado na Figura 6 existiu melhor ajustamento para FDNd em torno da reta de equivalência ($Y = X$) nas equações com lignina e com taxa de degradação obtidas pelo método *in vitro*.

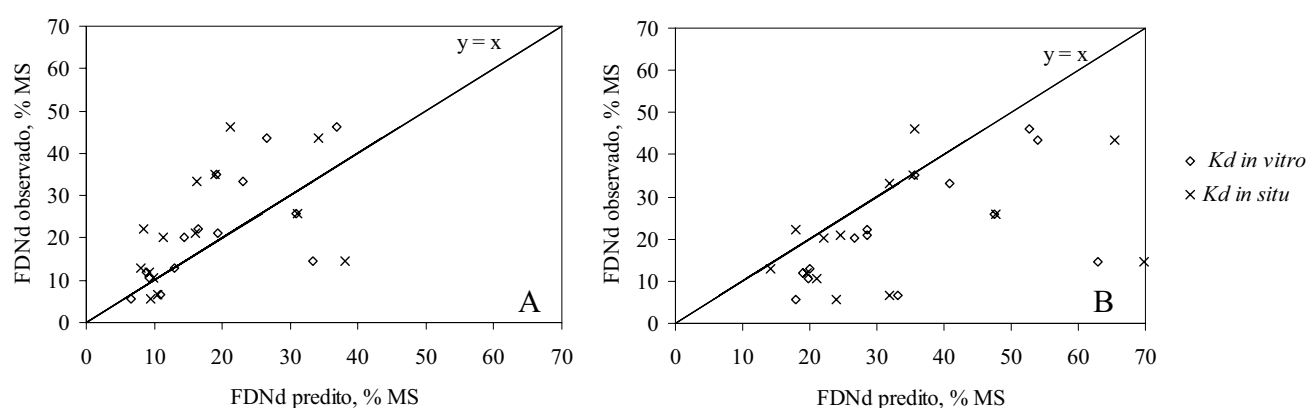


Figura 6. Relação entre os valores de fibra em detergente neutro digestível (FDNd) observados e preditos pelas equações ajustadas: com lignina (A) e sem lignina (B).

Maior detalhamento da estatística da regressão pode ser visualizado na Tabela 7. De acordo com as variáveis analisadas, pode-se afirmar que as equações ajustadas sem lignina, como proposto por Tedeschi et al. (2009), não foram precisas e acuradas para estimar a FDNd de subprodutos agrícolas e agroindustriais, pois foram as equações que apresentaram maiores QMEP.

Também, observou-se que as equações com lignina e com taxa de digestão obtidas pelo método *in situ* apresentaram estimativas menos precisas em relação àquelas obtidas pelo método *in vitro* e isto pode ser consequência, da menor variabilidade deste

último método. Tedeschi et al. (2009) recomendaram o uso da taxa de digestão obtidas *in vitro* pela técnica de produção de gases para estimar a FDNd.

Tabela 7. Estatística para regressão entre os valores observados e preditos pelas equações ajustadas para fibra em detergente neutro digestível (FDNd)

Item	Com lignina		Sem lignina	
	<i>in vitro</i>	<i>in situ</i>	<i>in vitro</i>	<i>in situ</i>
Intercepto	3,401	11,108	2,839	11,746
Inclinação	0,973	0,633	0,553	0,313
r ²	0,516	0,244	0,384	0,168
Valor P (Ho: a = 0 e b = 1)	0,541	0,212	0,001	0,002
VM, %	2,877	4,754	-12,717	-10,857
CCC	0,666	0,443	0,435	0,316
QMEP, % ²	85,792	156,666	300,452	379,620

VM = viés médio, CCC = coeficiente de correlação concordante, QMEP = quadrado médio do erro de predição.

4. Conclusões

Os subprodutos feijão, mandioca casca e mamão apresentam maior disponibilidade da FDN, enquanto o de goiaba é o de menor disponibilidade da FDN.

A fração digestível da FDN pode ser predita pela digestibilidade *in vitro* da FDN em 30 ou 48 horas de incubação e pelas degradações da FDN obtidas *in situ* durante 24, 48 ou 72 horas de incubação. Contudo, a melhor predição é obtida com o tempo de incubação *in situ* de 72 horas.

$$\text{A equação ajustada: } \hat{FDNd} (\% \text{ da MS}) = \left(\frac{Kd_{CF}}{Kd_{CF} + Kp} \right) \times (FDN_{cp} - LIG)$$

utilizando as taxas de digestão *in vitro* ou *in situ*, permite prever a disponibilidade da FDN de subprodutos agrícolas e agroindustriais.

5. Literatura Citada

ANDRIGUETTO, I.; BAILONI, L.; COZZI, G. et al. Observations on in situ degradation of forage cell components in alfafa and Italian ryegrass. **Journal of Dairy Science**, v.76, n.9, p. 2624-2631, 1993.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY - AOAC. **Official Methods of Analysis**, 15th ed. AOAC International, Arlington. 1990.

BIBBY, J.; TOUTENBURG, H. **Prediction and improved estimation in linear models**. New York: J. Wiley and Sons, 1977.

CASALI, A.O.; DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Influência do tempo de incubação e do tamanho de partículas sobre os teores de compostos indigestíveis em alimentos e fezes bovinas obtidos por procedimentos *in situ*. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, p. 335-342, 2008.

COCHRAN, W.G.; COX, G. M. **Experimental Design**. John Wiley & Sons, New York. 1957.

CONRAD, H.R.; WEISS, W.P.; ODWONGO, W.O. et al. Estimating net energy lactation from components of cell solubles and cell walls. **Journal of Dairy Science**, v.67, n.2, p.427-436, 1984.

DETMANN, E.; ZERVOUDAKIS, J.T.; CABRAL, L.S. et al. Validação de equações preditivas da fração indigestível da fibra em detergente neutro em gramíneas tropicais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa-MG, v. 33, n. 6, p. 1866-1875, 2004.

GETACHEW, G.; ROBINSON, P.H.; DEPETERS, E.J. et al. Relationships between chemical composition, dry matter degradation and in vitro gas production of several ruminant feeds. **Animal Feed Science and Technology**, v. 111, p. 57-71, 2004.

HALL, M.B. **Neutral Detergent-Soluble Carbohydrates. Nutritional Relevance and Analysis**. University of Florida, Gainesville. 2000.

KENDALL, C.; LEONARDI, C.; HOFFMAN, P.C. et al. Intake and milk production of cows fed diets that differed in dietary neutral detergent fiber and neutral detergent fiber digestibility. **Journal of Dairy Science**, v. 92, p.313-323, 2009.

LICITRA, G.; HERNANDEZ, T.M.; VAN SOEST, P.J. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. **Animal Feed Science and Technology**, v.57, p. 347-358, 1996.

LIN, L. A Concordance Correlation Coefficient to Evaluate Reproducibility. **Biometrics** 45, p. 255-268, march/1989.

MAGALHÃES, K.A. **Tabelas brasileiras de composição de alimentos, determinação e estimativa do valor energético de alimentos para bovinos**. Viçosa, MG. 263p. Tese (Doutorado em Zootecnia), Universidade Federal de Viçosa, 2007.

- MAYER, D.G., STUART, M.A.; SWAIN, A.J. Regression of real-world data on model output: An appropriate overall test of validity. **Agriculture System**, v.45, p.93-104, 1994.
- MENKE, K.H.; STEINGASS, H. Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and gas production using rumen fluid. **Animal Research Development**, v. 28, p. 7-55, 1988.
- MERTENS, D. R. Predicting intake and digestibility using mathematical methods of ruminal function. **Journal of Animal Science**, v.64, p.1548–1558, 1987.
- MERTENS, D.R. Analysis of fiber in feeds and its use in feed evaluation and ration formulation. In: Simpósio Internacional de Ruminantes, 1992, Lavras. **Anais...** Lavras: Sociedade Brasileira de Zootecnia, p.1-32, 1992.
- MERTENS, D.R. Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fiber in feeds with refluxing in beaker or crucibles: collaborative study. **Journal of AOAC International**, v.85, p.1217-1240, 2002.
- MERTENS, D.R. Principles of modeling and simulation in teaching and research. **Journal of Dairy Science**, v. 60, n.7, p.1176-1186, 1976.
- MERTENS, D.R. Rate and extent of digestion. In: FORBES, J.M.; FRANCE, J. (Eds.) **Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism**. Cambridge: CAB International, Cambridge University Press, 1993. p.13-51.
- MERTENS, D.R.; LOFTEN, J.R. The effect of starch on forage fiber digestion in vitro. **Journal of Dairy Science**, v.63, n.9, p.1437-1446, 1980.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7.ed. Washington, D.C.: 2001. 381p.
- NOCEK, J.E. In situ and other methods to estimate ruminal protein and energy digestibility: a review. **Journal of Dairy Science**, v.71, p.2051-2069, 1988.
- OBA, M.; ALLEN, M.S. Effects of brown midrib 3 mutation in corn silage on productivity of dairy cows fed two concentrations of dietary neutral detergent fiber: 3. Digestibility and microbial efficiency. **Journal of Dairy Science**, v.83, p.1350–1358, 2000.
- PELL, A.N.; SCHOFIELD, P. Computerized monitoring of gas production to measure forage digestion in vitro. **Journal of Dairy Science**, v.76, n.9, p.1063-1073, 1993.
- PELL, A.N.; SCHOFIELD, P.; STONE, W.C. Rates of digestion of feeds measured in vitro with computers. PROCEEDINGS CORNELL NUTRITION CONFERENCE FOR FEED MANUFACTURES. **Proceedings...**Cornell University, Ithaca, N.Y., n.13-17, p.74-81, 1994.
- SAS Institute. **SAS/STAT User's guide**, Version 8. SAS Institute Inc., Cary, NC. 2000.
- SCHOFIELD, P.; PITT, R.E.; PELL, A.N. Kinetics of fiber digestion from in vitro gas production. **Journal of Animal Science**, v.72, p.2980-2991, 1994.

SILVA, P.A.; VALADARES FILHO, S.C.; VALADARES, R.F.D. et al. Valor energético do capim-elefante em diferentes idades de rebrota e estimativa da digestibilidade in vivo da fibra em detergente neutro. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 59, n. 3, p. 711-718, 2007.

SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D.; VAN SOEST, P.J. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets. II. Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, v.70, n.7, p.3562-3577, 1992.

TEDESCHI, L.O.; KONONOFF, P.J.; KARGES, K. et al. Effects of chemical composition variation on the dynamics of ruminal fermentation and biological value of corn milling (co)products. **Journal of Dairy Science**, v. 92, p. 401-413, 2009.

VAN SOEST, P.J. Development of comprehensive system of feed analyses and application to forages. **Journal of Animal Science**, v.26, p.119-131, 1967.

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

VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B. **Analysis of forages and fibrous foods**. Cornell University, Ithaca. 1985.

WALDO, D.R. Symposium: Forage utilization by the lactating cow. Effect of forage quality on intake and forage-concentrate interactions. **Journal of Dairy Science**, v. 69, p.617-632. 1986.

WEISS, W.P. Estimating the available energy content of feeds for dairy cattle. In: Symposium: energy availability. **Journal of Dairy Science**, v.81, p.830-839, 1998.

WEISS, W.P.; WYATT, D.J. Effects of feeding diets based on silage from corn hybrids that differed in concentration and in vitro digestibility of neutral detergent fiber to dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.85, p.3462-3469, 2002.

CONCLUSÕES

Nas condições do presente trabalho, concluiu-se que:

- 1) Os subprodutos pertencentes ao grupo 1 apresentam características limitantes para uso na alimentação animal, devendo ser melhor estudados em termos de fatores que limitam seu aproveitamento e formas de tratamento químico e físico que reduzam a elevada proteção de seus constituintes químicos da fração fibrosa;
- 2) Pelas características apresentadas, os subprodutos pertencentes ao subgrupo SG1 devem ser, preferencialmente, utilizados como substitutos parciais de volumosos;
- 3) Os subprodutos dos subgrupos SG2, SG3, SG4 e SG5 devem ser utilizados como substitutos parciais de concentrados energéticos e os subprodutos do subgrupo SG6 como substitutos parciais de concentrados protéicos;
- 4) Os subprodutos de abacaxi sem coroa, mamão e manga têm valor energético superior à silagem de milho e podem substituir parcialmente concentrados energéticos nas dietas de ruminantes, sem prejuízos sobre o consumo, digestibilidade, eficiência microbiana e retenção de nitrogênio;
- 5) O subproduto de maracujá tem potencial para substituir, parcialmente, volumosos nas dietas de ruminantes, desde que respeitado os níveis de EE;
- 6) O subproduto de goiaba apresenta limitações para uso em dietas de ruminantes;

- 7) O farelo de glúten de milho e a mandioca casca são subprodutos com potencial para substituir, parcialmente, os concentrados energéticos, sem prejuízos sobre o consumo, digestibilidade, eficiência microbiana e retenção de nitrogênio;
- 8) O subproduto de mandioca caule tem potencial para substituir, parcialmente, volumosos nas dietas de ruminantes. O subproduto de cacau apresenta limitações para uso em dietas de ruminantes.
- 9) Recomenda-se usar os modelos propostos por Detmann para prever as frações digestíveis da PB, EE e dos CNF em subprodutos agrícolas e agroindustriais;
- 10) Há necessidade de mais pesquisas para o desenvolvimento de modelos mais adequados para estimar a fração digestível da FDN, já que esta foi a principal limitante para estimativas precisas e acuradas do valor energético de subprodutos agrícolas e agroindustriais;
- 11) Os subprodutos feijão, mandioca casca e mamão apresentam maior disponibilidade da FDN, enquanto o de goiaba é o de menor disponibilidade da FDN;
- 12) A fração digestível da FDN pode ser predita pela digestibilidade *in vitro* da FDN em 30 ou 48 horas de incubação e pelas degradações da FDN obtidas *in situ* durante 24, 48 ou 72 horas de incubação. Contudo, a melhor predição parece ser obtida com o tempo de incubação *in situ* de 72 horas;

13) A equação ajustada:
$$\widehat{FDNd} \text{ (\% da MS)} = \left(\frac{Kd_{CF}}{Kd_{CF} + Kp} \right) \times (FDN_{cp} - LIG)$$

utilizando as taxas de digestão *in vitro* ou *in situ*, permite prever a disponibilidade da FDN de subprodutos agrícolas e agroindustriais.