

## **Equações do NRC (2001) para predição do valor energético de co-produtos da agroindústria no nordeste brasileiro**

*NRC (2001) equations to predict the energy value of agroindustry byproducts in Brazilian northeast*

PEREIRA, Elzânia Sales <sup>1</sup>; REGADAS FILHO, José Gilson Lousada <sup>1</sup>; ARRUDA, Alex Martins Varela de <sup>2</sup>; MIZUBUTI, Ivone Yurika <sup>3</sup>; VILLARROEL, Arturo Bernardo Selaive <sup>1</sup>; PIMENTEL, Patrícia Guimarães <sup>1</sup>, CÂNDIDO, Magno José Duarte <sup>1</sup>

<sup>1</sup>Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Zootecnia, UFC, Fortaleza, Ceará, Brasil.

<sup>2</sup>Departamento de Ciência Animal, UFERSA, Mossoró, Rio Grande do Norte, Brasil.

<sup>3</sup>Departamento de Zootecnia, UEL, Londrina, Paraná, Brasil.

\*Endereço para correspondência: elzania@hotmail.com

### **RESUMO**

Objetivou-se, neste estudo, avaliar as frações de carboidratos e proteínas, e estimar o valor energético a partir das equações do NRC (2001) dos co-produtos da agroindústria do caju, maracujá, melão, urucum, abacaxi e acerola. Foi realizada a avaliação das equações do NRC (2001) para predição do valor energético do maracujá, abacaxi e acerola, a partir de dados *in vivo*. A fração  $A + B_1$  dos carboidratos variou de 20,00 a 52,21% dos carboidratos totais, para melão e urucum, respectivamente. O caju e a acerola apresentaram valores próximos para a fração  $B_2$  (11,88 e 14,25%) e C (52,69 e 59,45%) e, aproximadamente, três vezes menos fração  $B_2$  que o maracujá e o abacaxi (47,93 e 45,38%). O valor A da fração protéica (NNP) variou de 5,01 a 33,02% para melão e urucum, respectivamente. A fração C da proteína foi menor para o urucum (14,25%), seguida do abacaxi (25,96%). Concluiu-se que a análise das frações dos carboidratos e proteínas deve ser rotina laboratorial, já que essas são análises simples, não onerosas e que permitem estabelecer parâmetros mecanicistas para avaliação de alimentos. Os valores observados de NDT dos alimentos e os preditos pelas equações do NRC (2001) foram similares, logo, as equações do NRC (2001) são adequadas para estimar o valor energético de alimentos nas condições brasileiras.

Palavras-chave: energia, nutrientes digestíveis totais, proteína, semi-árido

### **SUMMARY**

Fractions of carbohydrates and protein, and energy value estimative based in NRC (2001) equations, of agroindustry byproducts of cashew, passion fruit, melon, anatto seeds, pineapple and barbados cherry were evaluated. NRC (2001) equations were used to predict the energy value of the passion fruit, pineapple and barbados cherry using "in vivo" data. Carbohydrates fraction  $A + B_1$  ranged from 20.00 to 52.21% of the total carbohydrates, for melon and anatto seeds, respectively. Cashew and barbados cherry presented close values for the fraction  $B_2$  (11.88 and 14.25%) and C (52.69 and 59.45%) and, approximately three times lower of fraction  $B_2$  than the passion fruit and the pineapple (47.93 and 45.38%). It was concluded that the analyses of the fractions of carbohydrates and protein should be a laboratorial routine, since it consists in a simple analysis, inexpensive and allows the establishment of mechanistic parameters for feed evaluations. The observed values of TDN of ingredients and those predicted by NRC (2001) equations were similar, being appropriate to predict the energy value of feeds in Brazilian conditions.

Keywords: energy, protein, semi-arid, total digestible nutrients

## INTRODUÇÃO

O semi-árido nordestino tem como traço principal as freqüentes secas, que tanto podem ser caracterizadas pela ausência, escassez e limitada quantidade, quanto pela simples má distribuição das chuvas durante o período das águas. Todavia, as condições climáticas, ocasionadas pelas secas periódicas de maior ou menor intensidade, afetam diretamente a potencialidade pecuária da região, devido, principalmente, à menor quantidade e pior qualidade de forragens (FERREIRA et al., 2004). Conseqüentemente, o desempenho dos rebanhos é limitado pela falta de nutrientes na época seca do ano. Dessa forma, a utilização de co-produtos da agroindústria pode ser estratégia de grande impacto na viabilidade da pecuária leiteira do nordeste brasileiro. A pecuária de leite nordestina possui expressão econômica e, sobretudo, social, sendo uma das poucas opções na região semi-árida. No período seco, com a queda da disponibilidade de volumosos é muito comum entre os produtores de leite, o aumento no fornecimento de alimento concentrado, fato que, além de não resolver o problema, eleva os custos de produção.

Nos últimos anos, tem ocorrido na região um aumento significativo do uso de irrigação localizada para culturas frutíferas e isso vem tornando a região uma das maiores produtoras e exportadoras de frutas do Brasil. Dentro desta nova visão do potencial agropecuário nordestino, houve também um aumento da quantidade de agroindústrias instaladas na região e do volume de resíduos do processamento de frutas com potencial de uso na ração de ruminantes (LOUSADA JÚNIOR. et al., 2005). Os co-produtos da agroindústria podem consistir em fontes valiosas de proteína, energia e fibra. No entanto, como a variabilidade no conteúdo de nutrientes é maior para os co-produtos do que para os alimentos convencionais, análises freqüentes da composição química devem

ser realizadas para obtenção de melhores resultados (LIMA, 2005).

Dentre as frutíferas do Nordeste, o caju (*Anacardium occidentale*) tem grande importância, por ser cultivado em grandes áreas e ter uma indústria de processamento bastante desenvolvida e difundida na região. O maracujá (*Passiflora eduli*), fruto originário da América Central, de cultivo bastante difundido no Brasil (Ferrari et al., 2004), gera, em seu processamento, co-produto com abundância de casca, rica em pectina e minerais e viável para utilização na alimentação animal. Outro fruto de importância no contexto agrário nordestino é o abacaxi (*Ananas comosus* L., Merr), espécie tropical originária da América Latina, sendo o Brasil um dos principais centros de diversidade da espécie (LOUSADA JÚNIOR et al., 2005). Nas diversas formas de consumo do fruto, é gerada grande quantidade de resíduos, que, por falta de informações, deixam de ser aproveitados na alimentação de ruminantes (LALLO et al., 2003). A acerola (*Malpighia emarginata*) tem grande capacidade de produção na região Nordeste e, em seu processamento, para a obtenção de sucos, compotas, geléias e no isolamento do ácido ascórbico, são gerados resíduos que, secos, podem ser incorporados à alimentação animal (CARPENTIERI-PÍPOLO et al., 2002). O urucum (*Bixa orellana* L.) é uma planta nativa das florestas tropicais, cujo principal mercado é o de corantes naturais, sendo o mais utilizado no mundo. No Brasil, cerca de 2.500 t de co-produto de urucum são obtidas anualmente após a extração da bixina (corante), e grande parte desse volume está no Nordeste, entretanto, cerca de 97% do resíduo não é aproveitado (TELES, 2006). Outra frutífera em expansão no Nordeste é o meloeiro, pertencente à família Cucurbitaceae, gênero *Cucumis*, espécie *Cucumis melo*. Estimativas acuradas da disponibilidade da energia contida nos alimentos são necessárias para formulação de dietas e avaliação dos valores nutricionais dos

alimentos (MALAFAIA et al., 1998; PEREIRA et al., 2000; VIEIRA et al., 2000; ROCHA JÚNIOR et al., 2003). Apesar da quantidade total de energia contida no alimento ser facilmente medida pela combustão do alimento na bomba calorimétrica, a variabilidade na digestibilidade e no metabolismo dos alimentos impede o uso da energia bruta na formulação de dietas ou na comparação de alimentos. Entre as fontes de variação, estão incluídos os fatores relacionados ao animal, ao alimento e à alimentação. De acordo com o NRC (1989), o sistema de energia líquida (EL) fornece valores de disponibilidade de energia mais precisos que os do sistema de nutrientes digestíveis totais (NDT), mas o último ainda permanece porque os valores de EL são de difícil determinação e, também, devido à grande quantidade de informações disponíveis sobre NDT. Segundo Valadares Filho (2000), grande parte da avaliação energética dos alimentos se baseia em NDT, sendo a EL dos alimentos estimada a partir do NDT ou da EM (oriunda também do NDT), sugerindo que o NDT pode ser utilizado para formulação de rações.

A partir da publicação do NRC (2001), passou-se também a estimar o NDT da dieta a partir de sua composição químico-bromatológica, adotando-se para isso uma série de equações, em que as frações digestíveis dos nutrientes são obtidas separadamente e, em seguida, somadas para se chegar ao valor do NDT. Muitos componentes químicos são relacionados à concentração de energia disponível em um alimento, sendo que os constituintes mais comumente avaliados são matéria mineral (MM), extrato etéreo (EE), proteína bruta (PB), fibra em detergentes neutro (FDN) e ácido (FDA), lignina, amido e frações nitrogenadas. Apesar do NDT correlacionar-se positivamente com os componentes da dieta, as frações fibrosas têm apresentado correlação negativa com a disponibilidade energética dos alimentos (ROCHA JÚNIOR. et al., 2003).

Quando não é possível se realizar ensaio de digestibilidade, a metodologia apresentada pelo NRC (2001) pode ser utilizada alternativamente para se estimar o NDT. Estimativas acuradas da disponibilidade da energia contida nos alimentos são necessárias para se formular dietas e avaliar os valores nutricionais e econômicos dos alimentos (COSTA et al., 2005). Entretanto, as novas metodologias de avaliação do valor energético dos alimentos propostas pelo NRC (2001) deverão ser avaliadas para se estimar o valor energético de alimentos no Brasil.

A importância da caracterização de co-produtos na alimentação de ruminantes vem de encontro à futura elaboração de uma tabela de composição químico-bromatológica de alimentos alternativos, usados estrategicamente na alimentação de ruminantes no Nordeste brasileiro.

Dessa forma, o objetivo-u-se efetuar o fracionamento de carboidratos e da proteína, estimando-se o valor energético, a partir das equações sugeridas pelo sistema NRC (2001), dos co-produtos do caju, maracujá, melão, urucum, abacaxi e acerola. Buscou-se, também, avaliar as equações do NRC (2001), para predição do valor energético do maracujá, abacaxi e da acerola, a partir de dados obtidos *in vivo*.

## MATERIAL E MÉTODOS

O fracionamento dos compostos nitrogenados e dos carboidratos foi realizado no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal do Ceará. Inicialmente, os alimentos foram analisados para matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), MM, PB e EE, seguindo-se os procedimentos padrões (AOAC, 1990) e FDN (utilizando amilase), FDA, proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN) e ácido (PIDA) e lignina (LIG) com uso de permanganato de potássio, segundo Van Soest et al. (1991).

Para obtenção das frações de carboidratos, foram determinados os teores de nitrogênio total (NT) das amostras, EE e MM (AOAC, 1990). Os carboidratos totais (CT) foram determinados pela seguinte expressão:  $\%CT = 100 - (\%PB + \%EE + \%MM)$ , (Sniffen et al., 1992). Os carboidratos não fibrosos (A+B<sub>1</sub>) foram determinados pela seguinte expressão:  $\%CNF = 100 - (\%PB + \%EE + \%FDN_{CP} + \%MM)$ , em que  $FDN_{CP}$  (B<sub>2</sub>) equivale à parede celular corrigida para cinzas e proteínas. A fração C foi obtida através da equação preditiva para o potencial de degradação da FDN, em alimentos para bovinos, pelo sistema CNCPS (Cornell Net Carbohydrate and Protein System), sendo calculada por:  $C (\%CT) = LIG (\% \text{ da FDN}) \times 2,4$  (SNIFFEN et al., 1992).

Para o fracionamento da proteína, a fração A (nitrogênio não-proteico, NNP) foi determinada pela diferença entre o nitrogênio total e o nitrogênio insolúvel em ácido triclórico (TCA). O nitrogênio insolúvel em TCA foi obtido por meio da incubação de 500 mg da amostra com 50 mL de água destilada por 30 minutos, com posterior adição de 10 mL de TCA a 10% e incubação por 30 minutos (LICITRA et al., 1996). O resíduo remanescente foi filtrado em papel de filtro (Whatman, nº 54), lavado com água, sendo determinado o teor de nitrogênio. O nitrogênio insolúvel total foi determinado a partir da incubação de 500 mg da amostra com 50 mL de tampão borato-fosfato (NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>.H<sub>2</sub>O a 12,2 g/L + Na<sub>2</sub>B<sub>4</sub>O<sub>7</sub>.10 H<sub>2</sub>O a 8,91 g/L + 100 mL/L de álcool butílico terciário) durante 3 horas, determinando-se o N residual. Pela diferença entre o nitrogênio total e o nitrogênio insolúvel total, foi obtido o nitrogênio solúvel total (NNP + proteína solúvel), do qual foi descontada a fração A para obtenção da fração B<sub>1</sub> (LICITRA et al., 1996). A fração B<sub>3</sub> foi calculada pela diferença entre o nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN) e o nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA), determinados através da fervura de 500 mg de amostra em solução detergente neutra e

ácida, respectivamente, durante uma hora, com posterior filtragem em cadinho, e determinação do nitrogênio nos resíduos insolúveis. A fração C foi considerada como sendo o nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA), e a fração B<sub>2</sub> foi determinada pela diferença entre o nitrogênio total e as frações A, B<sub>1</sub>, B<sub>3</sub> e C (LICITRA et al., 1996).

Para a estimativa dos valores de nutrientes digestíveis totais (NDT), cálculos foram conduzidos de acordo com a seguinte fórmula (NRC, 2001):  $\%NDT = \%CNF-d + \%PB-d + (\%AG-d \times 2,25) + \%FDNn-d - 7$ , em que: CNF-d corresponde aos carboidratos não fibrosos digestíveis, PB-d à proteína bruta digestível, AG-d aos ácidos graxos digestíveis, FDNn-d à fibra em detergente neutro corrigida para nitrogênio digestível e o valor 7 refere-se ao NDT fecal metabólico, ou seja, à correção utilizada, uma vez que as frações digestíveis dos alimentos consideradas para o cálculo do NDT referem-se à digestibilidade verdadeira e não à aparente. Para o cálculo do %CNF-d, utilizou-se a seguinte equação:  $\%CNF-d = 0,98 \times [100 - (\%PB + \%EE + \%FDNn + \%MM)] \times PAF$ , onde: PAF é um fator de ajuste igual a 1 para todos os outros alimentos, conforme NRC (2001).

Para o cálculo do %PB-d, foram utilizadas as equações para alimentos volumosos:  $\%PB-d = \%PB \times \exp [-1,2 \times (\%PIDA/\%PB)]$ .

Para o cálculo de %AG-d foram utilizadas as seguintes equações:  $\%AG-d = \%EE - 1$ , para  $\%EE > 1$ , sendo que, para alimentos com teores de  $\%EE < 1$ ,  $AG-d = 0$ .

Para o cálculo de %FDN-d, utilizou-se a expressão:  $\%FDNn-d = 0,75 \times (\%FDNn - \%LIG) \times [1 - (\%LIG/\%FDNn)^{0,667}]$ , onde:  $\%FDNn = \%FDN - \%PIDN$ .

Foram calculados os valores de energia digestível (ED, Mcal/kg), energia metabolizável produtiva (EM<sub>p</sub>, Mcal/kg) e energia líquida de lactação (EL<sub>L</sub>, Mcal/kg), conforme as seguintes equações propostas pelo NRC (2001):

$ED$  (Mcal/kg) = (CNF-d/100) x 4,2 + (FDN-d/100) x 4,2 + (PB-d/100) x 5,6 + (AG-d/100) x 9,4 - 0,3;

$EM_p$  (Mcal/kg) = (1,01 x ED - 0,45) + 0,0046 x (EE - 3);

$EL_L$  (Mcal/kg) = [0,703 x  $EM_p$ ] - 0,19

Para avaliação do valor energético dos resíduos agroindustriais (maracujá, abacaxi e acerola), foram utilizados os valores obtidos *in vivo* por Lousada Júnior. et al. (2005).

Foram utilizados 20 ovinos SRD, deslanados, machos, castrados, com idade entre 9 e 11 meses e peso médio de 34,5 kg, distribuídos em delineamento inteiramente casualizado com três tratamentos e quatro repetições, totalizando 12 parcelas experimentais. Os animais foram alocados em gaiolas metabólicas individuais equipadas com coletores de fezes e urina, além de cochos, para fornecimento de ração, água e mistura mineral. As fezes e urina foram coletadas, pesadas e medidas duas vezes ao dia, sendo retiradas amostras de aproximadamente 10% do total de cada coleta, posteriormente acondicionadas em sacos plásticos, identificadas e mantidas em congelador a -10°C para análises laboratoriais. Para o cálculo do NDT, utilizou-se a equação estabelecida pelo sistema CNCPS, em que  $NDT = PB-d + 2,25 \times EE-d + CT-d$ , correspondendo PB-d à proteína bruta digestível, EE-d ao extrato etéreo digestível, CT-d aos carboidratos totais digestíveis.

A avaliação das equações do NRC (2001), para estimativa do valor energético dos alimentos (NDT), foi avaliada a partir da comparação entre os valores observados *in vivo* (coleta total de fezes) e os valores estimados por meio das equações. O procedimento de avaliação das equações do NRC (2001) foi realizado por intermédio do ajuste de modelo de regressão linear simples dos valores preditos sobre os observados, de acordo com o seguinte modelo:  $Y_i = b_1 x_i + e_i$ , em que  $Y_i$  = valor de NDT predito,  $b_1$  = coeficiente de inclinação da reta,  $x_i$  = NDT

observado e  $e_i$  = erro aleatório associado a cada observação. A estimativa do parâmetro  $b_1$  da equação de regressão foi testada sobre as seguintes hipóteses:  $H_0: b_1 = 1$  e  $H_1: b_1 \neq 1$ .

Quando da não-rejeição da hipótese de nulidade, os valores preditos e observados são similares, enquanto, no caso da rejeição da hipótese de nulidade, verificou-se a presença do vício global de estimação (VGE). O vício global de estimação é considerado como:  $VGE = (b_1 - 1) \times 100$ , em que,  $b_1$  = estimativa do coeficiente angular da equação de regressão sem intercepto e 1 = valor paramétrico para o coeficiente angular sob a pressuposição de  $H_0$  ser verdadeira. Para todos os procedimentos estatísticos descritos, adotou-se valor  $P = 0,05$ .

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A composição bromatológica, o fracionamento de carboidratos e dos compostos nitrogenados, e a estimativa dos valores energéticos dos resíduos avaliados estão expressos nas Tabelas 1, 2, 3 e 4, respectivamente.

Com relação ao teor de PB, os co-produtos maracujá, abacaxi e acerola apresentaram, respectivamente, valores inferiores a 12,91; 8,80 e 13,95%, obtidos por Valadares Filho et al. (2006). O caju foi uma exceção, que apresentou teor de PB (15,93%) superior ao constatado pelo referido autor (13,60%).

Entre os alimentos avaliados, houve considerável variação nas frações de carboidratos e proteínas (Tabela 2 e 3, respectivamente). No fracionamento de carboidratos, observou-se que a fração C variou entre os co-produtos, 52,69; 22,02; 70,06; 21,12; 17,61 e 59,45%, respectivamente, para caju, maracujá, melão, urucum, abacaxi e acerola. Para co-produtos, foram observados valores para a fração A + B<sub>1</sub>, variando de 20,00 a 52,21% em relação aos carboidratos totais, para

melão e urucum, respectivamente. O abacaxi e o urucum apresentaram 82,39 e 78,88% de seus carboidratos nas formas de fração A + B<sub>1</sub> + B<sub>2</sub>. O maracujá e o urucum apresentaram valores próximos de fração C (22,02 e 21,12%), entretanto, na fração B<sub>2</sub>, notou-se superioridade de aproximadamente 44,3% para o maracujá, enquanto que, na fração A + B<sub>1</sub>, o urucum apresentou um teor 42,4% mais elevado. O

caju e a acerola apresentaram valores próximos para a fração B<sub>2</sub> (11,88 e 14,25%, respectivamente) e C (52,69 e 59,45%, respectivamente) e, aproximadamente, três vezes menos fração B<sub>2</sub> em relação ao maracujá e abacaxi (47,93 e 45,38%, respectivamente). O caju e o abacaxi apresentaram valores para a fração solúvel (A + B<sub>1</sub>) de 35,43 e 37,01%, respectivamente.

Tabela 1. Composição bromatológica dos co-produtos agroindustriais experimentais

Nutrientes (%MS)	Co-produtos					
	Caju	Maracujá	Melão	Urucum	Abacaxi	Acerola
MS	96,32	97,31	97,53	95,26	97,62	97,25
PB	15,93	9,70	8,75	13,53	7,84	9,06
MM	3,62	13,27	6,85	6,32	10,70	6,08
MO	96,40	86,70	93,20	93,70	89,30	93,90
EE	1,50	0,40	0,80	2,10	0,60	0,90
FDN	64,40	63,40	73,00	45,10	60,30	70,60
FDA	43,76	54,03	62,58	20,18	32,86	59,92
PIDN	10,85	4,46	4,48	4,28	4,36	5,45
PIDA	4,44	2,99	3,27	1,93	2,04	3,97

Tabela 2. Frações de carboidratos nos co-produtos agroindustriais experimentais

Frações de carboidratos	Co-produtos					
	Caju	Maracujá	Melão	Urucum	Abacaxi	Acerola
CT <sup>1</sup>	78,99	76,59	83,62	78,02	80,82	83,91
CNF <sup>1</sup>	27,99	23,01	16,72	40,73	29,91	22,07
FDNcp <sup>1</sup>	51,00	53,58	66,90	37,28	50,91	61,84
A + B <sub>1</sub> <sup>2</sup>	35,43	30,05	20,00	52,21	37,01	26,30
B <sub>2</sub> <sup>2</sup>	11,88	47,93	9,95	26,67	45,38	14,25
C <sup>2</sup>	52,69	22,02	70,06	21,12	17,61	59,45
LIG <sup>3</sup>	26,93	11,08	33,46	15,22	9,84	29,42

<sup>1</sup>Expresso como percentagem da matéria seca (%)

<sup>2</sup>Expresso como percentagem dos carboidratos totais (%)

<sup>3</sup>Expresso como percentagem da FDN (%)

A importância do fracionamento dos carboidratos ingeridos pelos ruminantes se baseia na classificação das bactérias ruminais, quanto à utilização dos carboidratos que constituem a parede celular e daqueles que se localizam no conteúdo celular com função não estrutural

(RUSSELL et al., 1992). Entre os resíduos analisados, houve considerável variação nas frações de carboidrato e proteína, isso reforça o conceito mecanicista que procura evitar o emprego de entidades empíricas que estão geralmente associadas a

predições errôneas e apresentam limitado espaço de inferência.

A caracterização dos carboidratos não fibrosos, como sendo o somatório de A e B<sub>1</sub>, se fundamenta no aspecto de praticidade para cálculo de rações para ruminantes e no aspecto analítico, uma vez que as metodologias de determinação do amido, na maioria das vezes, não resultam em valores verossímeis e não apresentam boa repetibilidade, em função da natureza heterogênea dos tecidos vegetais (MALAFAIA, 1998). Nos resíduos avaliados, observaram-se variações nas frações solúveis de carboidratos, em que foram registrados maiores valores para urucum (52,21%) e abacaxi (37,01%).

Em razão dos carboidratos apresentarem disponibilidade nutricional quase completa no ambiente ruminal (98%), a sua incorporação em rações aumentaria o fornecimento de energia tanto no rúmen quanto nos intestinos. Entretanto, a disponibilidade ruminal aumentada de CNF, possivelmente, elevaria a necessidade de suplementação com proteína degradada no rúmen, uma vez que os microrganismos que utilizam esses carboidratos necessitam de aminoácidos e peptídeos para máxima eficiência (RUSSELL et al., 1992). Caso contrário, em condições extremas, disponibilidades excessivas de fontes energéticas e limitação de nitrogênio (N), poderá haver utilização de energia por parte dos microrganismos, sem produção de células concomitante, num processo conhecido

como “Energy Spilling”, ou dissipação de energia por meio de ciclos fúteis de íons, através da membrana microbiana, na tentativa de se consumir o excesso de energia (RUSSELL, 1998).

O urucum apresentou maior fração A + B<sub>1</sub> (52,21%), e isso pode implicar em melhor adequação energética ruminal e otimizar o crescimento microbiano ruminal, pois esse alimento apresenta também considerável fração A dos compostos nitrogenados (33,02%). O melão e o maracujá apresentaram valores elevados para a fração C, provavelmente, devido ao fato de conter mais lignina em sua parede celular, conferindo maior indigestibilidade dos carboidratos estruturais desses alimentos, o que acarretaria menores ingestões voluntárias (VAN SOEST, 1994), ressaltando-se, ainda, que a presença de sementes no resíduo do maracujá poderia ter maximizado os valores da fração C.

A caracterização das frações que constituem os carboidratos dos resíduos agroindustriais obtidos em condições de trópicos é instrumento valioso para formulação de rações que visem à maximização do crescimento microbiano ruminal e, conseqüentemente, a melhor predição do desempenho dos animais. Dessa forma, o presente trabalho vem colaborar para a construção de um banco de dados que, futuramente, utilizando-se o algoritmo descrito no CNCPS, será útil na formulação de rações para ruminantes alimentados com resíduos da agroindústria.

Tabela 3. Frações de proteína nos co-produtos agroindustriais experimentais

Variáveis <sup>1</sup>	Co-produtos					
	Caju	Maracujá	Melão	Urucum	Abacaxi	Acerola
A	21,75	30,05	5,01	33,02	21,02	22,50
B <sub>1</sub>	1,69	8,41	6,47	2,77	15,23	15,13
B <sub>2</sub>	8,41	15,52	37,30	32,57	8,13	2,26
B <sub>3</sub>	40,26	15,18	13,83	17,39	29,66	16,27
C	27,89	30,84	37,38	14,25	25,96	43,84
NIDN	67,90	45,60	51,39	32,43	54,50	59,2

<sup>1</sup>Expresso como percentagem do N total (%)

Na Tabela 3, visualiza-se que as frações A (NNP), dos compostos nitrogenados, foram 21,75; 30,05; 5,01; 33,02; 21,02 e 22,50%, para caju, maracujá, melão, urucum, abacaxi e acerola, respectivamente. Abacaxi e acerola apresentaram, respectivamente, valores superiores de fração B<sub>1</sub> (15,23 e 15,13%) em relação aos demais co-produtos avaliados. Para fração B<sub>2</sub>, observaram-se valores da ordem de 37,30 e 32,57% para melão e urucum, respectivamente. A fração B<sub>3</sub> variou entre 13,83 a 40,26%, para melão e caju, respectivamente. A fração C dos compostos nitrogenados foi menor para o urucum (14,25%), seguido do abacaxi (25,96%). Resíduos de caju, maracujá, urucum, abacaxi e acerola apresentaram níveis consideráveis de compostos nitrogenados na forma de NNP, o que implicaria em fontes nitrogenadas disponíveis para bactérias fermentadoras de carboidratos fibrosos, as quais utilizam 100% de amônia para atendimento de suas exigências protéicas.

Os resíduos de caju, abacaxi e acerola, neste estudo, caracterizaram-se como boas fontes de fração B<sub>3</sub> da proteína, o que propiciaria maior fluxo de aminoácidos para o intestino, pois essa fração é degradada lentamente no rúmen e, portanto, apresenta elevado “escape”, sendo potencial fonte de aminoácidos no intestino. Essa fração é representada pelas extensinas, proteínas de ligação da parede celular que apresentam lenta taxa de degradação, sendo, assim, digeridas principalmente nos intestinos. Com relação aos valores energéticos, NDT, ED, EM<sub>p</sub> e EL<sub>L</sub>, observou-se que o urucum, abacaxi e maracujá apresentaram valores superiores em relação aos demais resíduos. Na Tabela 4, podemos visualizar maiores valores numéricos de NDT, ED, EM<sub>p</sub> e EL<sub>L</sub> para urucum e abacaxi, evidentemente, explicados por maiores teores de carboidratos não fibrosos apresentados por esses alimentos.

Tabela 4. Nutrientes digestíveis totais (NDT, %MS), energia digestível (ED, Mcal/kg), energia metabolizável de produção (EM<sub>p</sub>, Mcal/kg) e energia líquida de lactação (EL<sub>L</sub>, Mcal/kg) nos co-produtos agroindustriais experimentais

Variáveis	Co-produtos					
	Caju	Maracujá	Melão	Urucum	Abacaxi	Acerola
NDT	42,23	51,77	31,41	64,60	57,17	37,75
ED	2,14	2,26	1,39	2,87	2,48	1,65
EM <sub>p</sub>	1,70	1,82	0,95	2,44	2,04	1,21
EL <sub>L</sub>	1,31	1,40	0,79	1,82	1,55	0,97

Estudos conduzidos *in vivo* por Lousada Jr. et al. (2005) indicaram valores de NDT do maracujá, abacaxi e acerola de, respectivamente, 52,9; 45,6 e 32,2%. Enquanto, utilizando-se as equações propostas pelo NRC (2001), os valores preditos foram de 51,8; 57,2 e 37,6% de NDT, respectivamente, para o maracujá, abacaxi e acerola. Com relação às estimativas dos coeficientes (b<sub>1</sub>) das equações de regressão entre os valores de NDT observados e

preditos pela equação do NRC (2001), observou-se estimativa de 0,3997 e coeficientes de determinação (r<sup>2</sup>) das equações de regressão obtidas a partir das comparações dos valores de NDT observados com os preditos pelo NRC (2001) de 0,66 (regressão:  $Y_i = b_1 x_i + e_i$ ). O coeficiente de inclinação da reta não diferiu estatisticamente de 1 para todas as variáveis analisadas, denotando que os valores de NDT observados foram similares aos estimados pelas equações do



NRC (2001), comprovando-se que as equações propostas pelo NRC foram eficientes para se estimar o valor energético dos alimentos nas condições brasileiras. Rocha Júnior, et al. (2003), ao avaliarem a eficácia das equações propostas pelo NRC (2001) para avaliação energética de alimentos convencionais, compararam os valores preditos pelas equações e observados em um experimento com ovinos a uma coletânea de valores de NDT obtidos na literatura nacional, a partir de experimentos *in vivo*, e concluíram o mesmo. Porém, em virtude da variabilidade da composição química normalmente encontrada nos resíduos, recomendam-se mais pesquisas a respeito da utilização dessas equações, para que, a partir de um banco de dados maior, seja possível a obtenção de maior eficácia nessas equações para se prever o valor energético dos alimentos nas condições brasileiras.

A Figura 1 ilustra a dispersão dos pontos para a relação ideal ( $Y=X$ ) entre os valores de NDT preditos pelo NRC e os observados.

A análise das frações que constituem os carboidratos e compostos nitrogenados dos co-produtos da agroindústria deve ser rotina laboratorial, já que é uma análise simples, não onerosa e permite estabelecer parâmetros mecanicistas para avaliação de alimentos. Os valores de NDT dos alimentos observados e preditos pelas equações do NRC (2001) foram similares, sendo adequados para se estimar o valor energético dos alimentos nas condições brasileiras. O presente trabalho vem colaborar para a construção de um banco de dados que, futuramente, utilizando-se o algoritmo descrito no CNCPS, será importante na formulação de rações para ruminantes alimentados com resíduos da agroindústria.

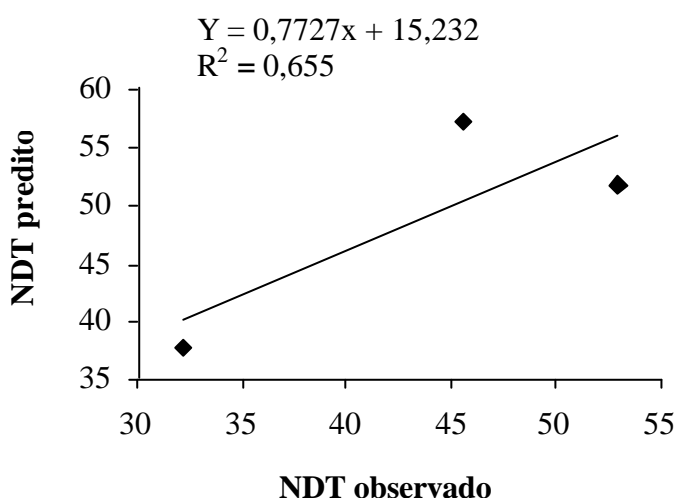


Figura 1. Relação entre os valores de NDT preditos pelo NRC (2001) e observados, para os alimentos

## REFERÊNCIAS

ARRUDA, M.C. **Processamento mínimo de melão rendilhado**: tipo de corte, tempo de armazenamento e atmosfera modificada. 2002. 71f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura Luís de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

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

AZEVEDO, J.A.G.; PEREIRA, J.C.; QUEIROZ, A.C.; CARNEIRO, P.C.S.; LANA, R.P.; BARBOSA, M.H.P.; FERNANDES, A.M.; RENNÓ, F.P. Composição químico-bromatológica, fracionamento de carboidratos e cinética da degradação *in vitro* da fibra de três variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.6, p.1443-1453, 2003.

CARPENTIERI-PÍPOLO, V; PRETE, C.E.C.; GONZALES, M.G.N.; POPPER, I.O. Novas cultivares de acerola (*Malpighia emarginata* DC): UEL 3 – Domingo, UEL 4 e UEL 5 – Natalia. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 24, n.1; p. 124-126, 2002.

CABRAL, L.S. **Avaliação de alimentos para ruminantes por intermédio de métodos in vivo e in vitro**: validação. 2002. 134f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

CORREIA, M.X.C.; CARVALHO, F.F.R.; MEDEIROS, A.N. Utilização de resíduo agroindustrial de abacaxi desidratado em dietas para caprinos em crescimento: digestibilidade e desempenho. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.4, p.1822-1828, 2006 (Supl.).

COSTA, M.A.L.; VALADARES FILHO, S.C.; DINIZ, R.F.V.; PAULINO, M.F.; CECON, P.R.; PAULINO, P.D.R.;

CHIZZOTTI, M.L.; PAIXÃO, M.L. 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.; ZERVOUDAKIS, J.T.; CABRAL, L.S.; ROCHA JÚNIOR, V.R.; VALADARES FILHO, S.C.; QUEIROZ, A.C.; PONCIANO, N.J.; FERNANDES, A.M. Validação de equações preditivas da fração indigestível da fibra em detergente neutro em gramíneas tropicais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.6, p.1866-1875, 2004 (Supl. 1).

FERNANDES, A.M; QUEIROZ, A.C.; PEREIRA, J.C.; LANA, R.P.; BARBOSA, M.H.B.; FONSECA, D.; DETMANN, E.; CABRAL, L.S.; PEREIRA, E.S.; VITTORI, A. Fracionamento e cinética da degradação *in vitro* dos carboidratos constituintes da cana-de-açúcar com diferentes ciclos de produção em três idades de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.6, p.1778-1785, 2003 (Supl. 1).

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

FERRARI, M.A. Utilização da palma forrageira na alimentação de vacas leiteiras. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43., 2006, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: S. B.Z, 2006. p.213-239.

FERREIRA, A.C.H.; NEIVA, J.N.M.; RODRIGUEZ, N. M.; LÔBO, R.N.B.; VASCONCELOS, V.R. Valor nutritivo das silagens de capim: elefante com diferentes níveis de subprodutos da indústria do suco de caju. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.6, p.1380-1385, 2004.

FOX, D.G.; SNIFFEN, C. J.; O'CONNOR, J. D.; RUSSEL, J.B.; VAN SOEST, P.J. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: III. Cattle requirements and diet adequacy. **Journal of Animal Science**, v. 70, n. 12, p.3578-3596, 1992.

KRISHNAMOORTHY, U. The in vitro gas production technique: limitations and opportunities. **Animal Feed Science and Technology**, p.123-124, 2005.

LALLO, F.H.; PRADO, I.N.; NASCIMENTO, W.G.; ZEOULA, L.M.; MOREIRA, F.B.; WADA, F. Y. Níveis de substituição da silagem de milho pela silagem de resíduos industriais de abacaxi sobre a degradabilidade ruminal em bovinos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.3, p.719-726, 2003.

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, M.L.M. Uso de subprodutos da agroindústria na alimentação de bovinos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 42., 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia, 2005. p.446.

LOUSADA JR., J.E.; NEIVA, J.N.M.; RODRIGUEZ, N.M.; PIMENTEL, J.C.M.; LÔBO, R. N. B. Consumo e digestibilidade de subprodutos do processamento de frutas em ovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.2, p.659-669, 2005.

MALAFAIA, P.A.M.; VALADARES FILHO, S.C.; VIEIRA, R.A.M.; SILVA, J.F.C.; PEREIRA, J. C. Determinação das frações que constituem os carboidratos totais e da cinética ruminal da fibra em detergente neutro de alguns alimentos para ruminantes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.27, n.4, p.790-796, 1998.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 6.ed. Washington, 1989. 157p.

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

NEIVA, J.N.M.; NUNES, F.C.S.; CÂNDIDO, M.J.D.; RODRIGUEZ, N.M.; LÔBO, R.N.B. Valor nutritivo de silagens de capim-elefante enriquecidas com subproduto do processamento do maracujá. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.4, p.1845-1851, 2006 (Supl.).

OLIVEIRA GOMES, I.P. Otimização da fermentação ruminal visando aumento na produção de leite. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 42., 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia, 2005. p.288-295.

PEREIRA, E.S. **Dinâmica ruminal e pós-ruminal da proteína e de carboidratos: aplicação de um modelo matemático para avaliação de dietas a base de cana-de-açúcar**. 1999. 98f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

PEREIRA, J.C.; VIEIRA, R.A.M.; GONZÁLES, J.; ALVIR, M.; QUEIROZ, A.C. Degradabilidade Ruminal de Alguns Subprodutos Agroindustriais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n. 6, p.2359-2366, 2000 (Supl. 2).

PRADO, I.N.; LALLO, F.H.; ZEOULA, L.M.; CALDAS NETO, S.F.; NASCIMENTO, W.G.; MARQUES, J.A. Níveis de substituição da silagem de milho pela silagem de resíduo industrial de abacaxi sobre o desempenho de bovinos confinados. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.3, p.737-744, 2003.

ROCHA JUNIOR, V.R.; VALADARES FILHO, S.C.; BORGES, A.M.; DETMANN, E.; MAGALHÃES, K.A.; VALADARES, R.F.D.; GONÇALVES,

L.C.; CECON, P.R. Estimativa do valor energético dos alimentos e validação das equações propostas pelo NRC. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.2, p.480-490, 2003.

ROGÉRIO, M.C.P. **Valor nutritivo de subprodutos de frutas para ovinos**. 2005. 318f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

RUSSELL, J.B.; O'CONNOR, J.D.; FOX, D.G.; VAN SOEST, P.J.; SNIFFEN, C.J.A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: I. Ruminal fermentation. **Journal of Animal Science**, v.70, n.12, p.3551-3561, 1992.

RUSSELL, J.B. Strategies that ruminal bacteria use handle excess carbohydrate. **Journal of Animal Science**, v.76, n8, p.1955-1963, 1998.

SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D.; VAN SOEST, P.J.; FOX, D.G.; RUSSEL, J.B. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets. II - Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, v.70, n.11, p.3562-3577, 1992.

TELES, M.M. **Características fermentativas e valor nutritivo de silagens de capim-elefante contendo subprodutos de urucum, caju e manga**. 2006. 130f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

VALADARES FILHO, S.C. Nutrição, avaliação de alimentos e tabelas de composição de alimentos para bovinos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37., 2000, Viçosa. **Anais...** Viçosa: S.B.Z, 2000. p.267-337.

VALADARES FILHO, S.C.; MAGALHÃES, K.A.; ROCHA JÚNIOR, V.R.. **Tabelas brasileiras de composição de alimentos para bovinos**. 2 ed. Viçosa: UFV, 2006. 329p.

VALADARES FILHO, S.C.; PAULINO, P.V.R.; SAINZ, R.D. Desafios

metodológicos para determinação das exigências nutricionais de bovinos de corte no Brasil. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 42., 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia: S.B.Z., 2005. p. 261-287.

VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v.74, n.10, p.3583-3597, 1991.

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

VIEIRA, R.A.M.; PEREIRA, J.C.; MALAFAIA, P.A.M.; QUEIROZ, A.; JORDÃO, C.P.; GONÇALVES, A.L. Simulação da dinâmica de nutrientes no trato gastrointestinal: aplicação e validação de um modelo matemático para bovinos a pasto. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.3, p.898-909, 2000.

VIEIRA, C.V.; VASQUEZ, H.M.; SILVA, J.F.C. Composição químico-bromatológica e degradabilidade *in situ* da matéria seca, proteína bruta e fibra em detergente neutro da casca do fruto de três variedades de maracujá (*Passiflora spp*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.5, p.1148-1158, 1999.

Data de recebimento: 13/11/2007

Data de aprovação: 02/06/2008