

Predição da fração indegradável da fibra em detergente neutro em forragens tropicais a partir da concentração de lignina

Estimation of the undegradable fraction of neutral detergent fiber of the tropical forages from lignin concentration

CLIPES, Renata Cogo¹; SILVA, José Fernando Coelho da²; DETMANN, Edenio³; VÁSQUEZ, Hernan Maldonado²; HENRIQUES, Lara Toledo³; DONATELE, Dirlei Molinari⁴; HADDADE, Ismail Ramalho⁵; PERES, Afonso Aurélio de Carvalho⁶; OLIVEIRA, Aparecida de Fátima Madella de¹

¹Instituto Federal do Espírito Santo, Departamento de Produção Animal, Alegre, Espírito Santo, Brasil.

²Universidade Estadual do Norte Fluminense, Departamento de Produção Animal, Campo dos Goytacazes, Rio de Janeiro, Brasil.

³Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Nutrição e Produção Animal, Viçosa, Minas Gerais, Brasil.

⁴Universidade Federal do Espírito Santo, Departamento de Medicina Veterinária, Alegre, Espírito Santo, Brasil.

⁵Escola Agrícola de Santa Teresa, Departamento de Engenharia de Zootecnia, Santa Teresa, Espírito Santo, Brasil.

⁶Universidade Federal Fluminense, Departamento de Engenharia de Agronegócios, Rio de Janeiro, Brasil.

*Endereço para correspondência: rclipes@ifes.edu.br

RESUMO

Objetivou-se avaliar a indigestibilidade potencial da fibra detergente neutro de gramíneas tropicais predita por intermédio das equações adotadas pelos sistemas nutricionais CNCPS e o NRC-2001, este último com (NRCII) ou sem o fator de correção empírico proposto por Detmann et al. (2004). Foram utilizadas 540 amostras obtidas de pastagens através da simulação manual do pastejo e da extrusa esofágica, de feno e de gramíneas tropicais submetidas a diferentes níveis de adubação e períodos de corte, cultivadas no município de Campos dos Goytacazes-RJ. As amostras foram submetidas à quantificação dos teores de matéria seca, de fibra detergente neutro, de lignina em ácido sulfúrico, de lignina em permanganato de potássio, de fibra detergente neutro indisponível, este último, realizado por intermédio de procedimentos de incubação *in situ*. O procedimento estatístico utilizado para a avaliação comparativa com relação à eficiência de predição foi a partição do quadrado médio dos erros de predição. Dentre os modelos nutricionais utilizados, os estudos mostraram que o NRC-2001 corrigido apresentou melhores resultados em simulação, quando se utilizou a lignina em ácido sulfúrico e

também ao se utilizar a lignina em permanganato de potássio. Recomenda-se utilizar os métodos biológicos de avaliação de componentes indigestíveis para se obter resultados mais verossímeis.

Palavras-chave: gramíneas, simulação, sistemas nutricionais

SUMMARY

The potential undegradable fraction of neutral detergent fiber of tropical grasses predicted through the equations adopted by the nutritional systems CNCPS and NRC-2001, were validated. The equation recommended by NRC-2001 was used with (NRCII) or without the empiric correction factor proposed of Detmann et al. (2004). A total of 540 samples were used, obtained from manual grazing simulation and esophageal extrusa, from hays and from tropical grasses submitted to different fertilizing levels and cutting ages, cultivated in Campos dos Goytacazes-RJ, Brazil. The samples were analyzed for dry mater, lignin in sulfuric acid (LAS), lignin in potassium permanganate (LPER), undegradable fraction of neutral detergent fiber (FDNi), the last one was done by

rumen in situ incubation of the samples for 240 hours. The data were analyzed by the Pearson's linear correlation method, while, the comparative evaluation regarding the prediction efficiency among the nutritional models was done through the evaluation and partition of the mean square errors. Among the examined nutritional models, it shown that corrected NRC-2001 presented better results in the simulation, independent of using LAS or LPER. This suggest the fact that gravimetric estimates of lignin levels present in the feed don't allow to predict potentially with accuracy the dimension of the fraction digestible or indigestible of the neutral detergent fiber.

Keyword: grass, simulation, nutrition sistem

INTRODUÇÃO

Os carboidratos constituem a principal fonte de energia disponível para os micro-organismos do rúmen, os quais, depois de fermentados, disponibilizam ácidos graxos voláteis para o metabolismo energético do animal ruminante.

Entre estes compostos, destacam-se em termos quantitativos, notadamente em condições tropicais, aqueles de origem fibrosa, os quais se apresentam concentrados na parede celular vegetal. Contudo, elevada heterogeneidade química é verificada nos compostos formadores da parede celular vegetal (VAN SOEST, 1994). Este comportamento justifica o fato de que modelos acurados de predição do potencial e/ou da efetividade de disponibilização energética devem suportar-se em associações concretamente estabelecidas e entendidas entre os diferentes componentes da parede celular de plantas forrageiras.

Com isso, a utilização da composição química dos alimentos como método de predição da digestão em ruminantes é sugerida por diversos pesquisadores (VAN SOEST, 1994, ROCHA JÚNIOR

et al., 2003). Entre os principais parâmetros estimados destaca-se o potencial de degradação da fibra em detergente neutro (FDN), expresso complementarmente como sua fração indegradável, ou fibra detergente neutro indisponível. Tal porção é empregada como base indireta para a estimação da degradação efetiva dos componentes fibrosos, no entanto, seu estudo isolado é preponderante ao entendimento dos efeitos de repleção física ao ambiente ruminal.

A lignina é geralmente aceita como a entidade primária, responsável pela limitação da degradação ruminal das forragens, por ser considerada indegradável e agir na redução da fração fibrosa potencialmente degradável da parede celular (VAN SOEST, 1994), e adotada como base para a estimação do teor de fibra detergente neutro indisponível pelos principais sistemas nutricionais da atualidade, entre estes o Cornell Net Carbohydrate and Protein System (CNCPS) - (SNIFFEN et al., 1992) e o National Research Council (NRC), em sua versão direcionada a bovinos leiteiros (NRC, 2001).

Dessa forma, objetivou-se validar a fração indigestível da fibra em detergente neutro predita por intermédio das equações adotadas pelos sistemas nutricionais CNCPS (SNIFFEN et al., 1992) e o NRC (2001), este último com ou sem o fator de correção empírico proposto por Detmann et al. (2004) a partir dos teores de lignina em ácido sulfúrico e lignina em permanganato de potássio em gramíneas tropicais cultivadas na Região Norte Fluminense.

MATERIAL E MÉTODOS

O banco de dados avaliado, foi constituído por amostras de gramíneas

tropicais empregadas na alimentação de animais ruminantes implantadas na região de Campos dos Goytacazes-RJ, em um total de 540 amostras.

Foram utilizadas amostras originadas de parcelas cultivadas com as gramíneas capim-acroceres (*Acroceras macrum* Stpf.), capim-angola (*Brachiaria purpurascens*), capim-hemarthria (*Hemarthria altíssima*) e capim-setária (*Setaria anceps*, Stapf. Ex. Massey), sob diferentes níveis de adubação nitrogenada (0; 100; 200; 300 e 400kg/ha) coletadas por intermédio de cortes a 15cm do solo realizados aos 28; 42; 56 e 72 dias após corte de uniformização das culturas, em um total de 240 amostras.

Amostras oriundas de forragem verde, do feno sem armazenamento e do feno com 28; 56 e 84 dias de armazenamento das gramíneas capim-acroceres (*Acroceras macrum*), capim-angola (*Brachiaria purpurascens*), capim-hemarthria (*Hemarthria altíssima*) e capim-setária (*Setaria anceps* cv. Kazungula), com 35 dias de rebrotação, que perfaz um total de 60 amostras.

Amostras provenientes da avaliação de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum) dos cultivares Napier e Cameroon, e clones CNPGL-91-F 27-1 (cv. Pioneiro) e CNPGL-91-F 27-5, manejados em função de três sistemas de produção: convencional sem o uso da irrigação, irrigadoa com o uso de adubação em cobertura manual, e irrigadoa com adubações em cobertura via água de irrigação aos 20; 40; 60 e 80 dias pós-uniformização, cortadas a 30cm do solo, em 144 amostras no total. E, amostras oriundas de coletas realizadas em sistemas de produção animal sob pastejo rotacionado com as gramíneas capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum. cv. Napier) e capim-mombaça (*Panicum maximum* cv. Mombaça), tomadas em diferentes

piquetes e em diferentes dias de ocupação animal. O período de ocupação foi de 3 dias e descanso de 42 e 36 dias, para o capim-elefante e capim-mombaça, respectivamente, por intermédio de amostras de extrusa esofágica e simulação manual de pastejo, em um total de 96 amostras.

O processamento das amostras e as análises laboratoriais foram realizados no Laboratório de Zootecnia e Nutrição Animal da Universidade Estadual do Norte Fluminense. As amostras encontravam-se congeladas (-20°C), e foram posteriormente submetidas à pré-secagem em estufa de ventilação forçada (60°C – 72 horas), processadas em moinho de facas (2mm), acondicionadas e armazenadas em frascos de polietileno à temperatura ambiente.

As amostras foram submetidas à quantificação dos teores de matéria seca, fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido, lignina em ácido sulfúrico 72% (LAS), lignina em permanganato (LPER) conforme recomendações de Mertens (2002), nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN) e nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA) segundo técnicas descritas por Silva & Queiroz (2002).

Os teores de fibra em detergente neutro indigestível (FDNi) foram obtidos por intermédio de procedimentos de incubação *in situ*, em adaptação aos procedimentos descritos por Detmann et al. (2001).

As amostras foram acondicionadas em duplicata, em sacos de náilon com porosidade de 50 µm e dimensões 3,5 x 5,0cm na proporção de 25mg/cm² de superfície, e incubadas no rúmen de um bovino alimentado com dieta contendo alimento volumoso (feno de gramínea) e concentrado, na proporção de 70:30, com base na matéria seca. Após 240 horas, os sacos foram retirados, lavados

em água corrente até o total clareamento da água, submetidos ao tratamento com detergente neutro (MERTENS, 2002), na proporção de 50mL/saco, secos em estufa de ventilação forçada (60°C – 72 horas) e posteriormente, colocados em estufa 105° durante quinze minutos, colocados em dessecador até que atingissem a temperatura ambiente e em seguida foram pesados.

O teor de FDNi estimado a partir dos teores de LAS e LPER foi obtido por intermédio das equações adotadas pelos sistemas CNCPS (SNIFFEN et al., 1992) e NRC (2001), e incorporado a este último, à avaliação de variação com fator de correção empírico buscando adaptação a gramíneas produzidas em regiões tropicais, conforme sugestão de Detmann et al. (2004).

Para o primeiro caso, a estimação da fração indegradável foi baseada nos protocolos descritos por Sniffen et al.

(1992), e adotada como equação preditiva para o potencial de degradação da FDN em alimentos para bovinos pelos sistemas CNCPS (SNIFFEN et al., 1992):

$$FDNi_{\%FDN} = 2,4 \times Lignina_{\%FDN} \quad (1);$$

As estimativas do teor de FDNi obtidas pela equação adotada pelo sistema NRC (2001) basearam-se nas proposições teoricamente embasadas sumarizadas por Weiss et al. (1992), as quais foram construídas segundo a Lei de Superfície. Em função do método originalmente proposto para fornecer estimativas do potencial de degradação da FDN, alguns artifícios matemáticos foram empregados para possibilitar a estimação direta da fração indegradável dos componentes fibrosos da parede celular. Segundo a equação originalmente proposta:

$$FDNd_{\%MS} = (FDN'_{\%MS} - LIG_{\%MS}) \times [1 - (LIG_{\%MS} / FDN'_{\%MS})^{0,667}] \quad (2);$$

Em que: FDNd = fibra em detergente neutro potencialmente digestível; LIG = teor de lignina; e FDN' = fibra em

detergente neutro corrigida para nitrogênio, e:

$$FDN'_{\%MS} = FDN_{\%MS} - PIDN_{\%MS} \quad (3);$$

Em que: PIDN = proteína bruta insolúvel em detergente neutro. Sendo

complementares os teores de FDNd e FDNi, fez-se:

$$FDNi_{\%MS} = FDN_{\%MS} - FDNd_{\%MS} \quad (4);$$

$$FDNi_{\%MS} = FDN_{\%MS} - (FDN'_{\%MS} - LIG_{\%MS}) \times [1 - (LIG_{\%MS} / FDN'_{\%MS})^{0,667}] \quad (5);$$

Ao converter os teores da fração indigestível como percentual da fibra em detergente neutro total, fez-se:

$$FDNi_{\%FDN} = 100 - \frac{\{(FDN'_{\%MS} - LIG_{\%MS}) \times [1 - (LIG_{\%MS} / FDN'_{\%MS})^{0,667}]\}}{(FDN_{\%MS} / 100)} \quad (6);$$

Segundo relatos de Detmann et al. (2004), o fator exponencial 0,667 estruturado à equação anterior não permite boa estimativa dos teores de FDNi em gramíneas tropicais. Assim, estes autores propuseram a correção empírica deste

fator, tornando a equação (4) diferenciada para gramíneas tropicais, e, portanto, população-dependente. Tal equação, a qual será empregada em adição àquelas descritas anteriormente para estimativa do teor de FDNi, assume a forma:

$$FDNi_{\%FDN} = 100 - \frac{\{(FDN'_{\%MS} - LIG_{\%MS}) \times [1 - (LIG_{\%MS} / FDN'_{\%MS})^{0,85}]\}}{(FDN_{\%MS} / 100)} \quad (7);$$

A avaliação comparativa com relação à eficiência de predição entre modelos foi realizada por intermédio da avaliação e partição do quadrado médio dos erros de predição (QMEP), segundo protocolos descritos por Kobayashi e Salam (2000), conforme as equações:

$$QMEP = SB + MaF + MoF = \sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2 \quad (8)$$

$$SB = (\bar{x} - \bar{y})^2 \quad (9);$$

$$MaF = (S_x - S_y) \quad (10);$$

$$MoF = 2S_x S_y (1 - r) \quad (11).$$

Em que: x = valores preditos; y = valores observados; QMEP = quadrado médio dos erros de predição; SB = quadrado do viés; MaF = componente relativo à magnitude de flutuação aleatória; MoF = componente relativo ao modelo de flutuação aleatória; S_x e S_y = desvios-

padrão para valores preditos e observados, respectivamente; e r = correlação linear de Pearson entre valores preditos e observados.

Por se tratar de avaliação de erro de predição, para todos os cálculos de variâncias empregou-se como divisor o total de observações (n).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As médias mais próximas ao teor de FDNi observado (27,70%) foram obtidas a partir do modelo do NRC (II) equivalente a 26,69 e 26,45% a partir da LAS e LPER, respectivamente, conforme Tabela 1.

Tabela 1. Estatísticas descritivas para os teores de fibra em detergente neutro indigestível (FDNi) (% da fibra em detergente neutro) observados (OBS) e preditos pelos modelos CNCPS, NRC (2001) e NRC (2001) com a modificação de Detmann et al. (2004) a partir dos teores de lignina em ácido sulfúrico (LAS) ou em permanganato de potássio (LPER)

Estatística	OBS	LAS			LPER		
		CNCPS	NRC(I)	NRC(II)	CNCPS	NRC(I)	NRC(II)
Média	23,70	18,60	32,40	26,69	18,09	32,12	26,45
Mediana	23,53	18,21	32,02	26,01	17,19	32,09	26,39
Máximo	37,74	36,43	51,55	45,26	37,55	51,29	45,53
Mínimo	11,04	6,14	16,16	12,04	6,24	16,13	12,09
Desvio-padrão ¹	4,91	5,79	7,02	6,80	5,44	6,93	6,73
N	540	540	540	540	540	540	540

¹Desvio-padrão ponderado em função do total de observações.

Verificaram-se boa capacidade de predição do modelo linear adotado pelo NRC (II) a partir dos teores de lignina em ácido sulfúrico para o banco de amostras

avaliado (Tabela 2 e Figura 1), cujo erro médio de predição foi de +3,04 pontos percentuais.

Tabela 2. Erro médio de predição (EMP), quadrado médio do erro de predição (QMEP), quadrado do vício (QV), componentes relativos à magnitude de flutuação aleatória (MaF) e modelo de flutuação aleatória (MoF) e distribuição dos erros de predição para os valores preditos de fibra em detergente neutro indigestível (% da fibra em detergente neutro) a partir dos teores de lignina em ácido sulfúrico (n = 540) de acordo com os modelos CNCPS, NRC (2001) (NRC-I) e NRC (2001) com modificações (NRC-II) propostas por Detmann et al. (2004)

Item	Modelos		
	CNCPS	NRC-I	NRC-II
EMP (MPE)	-5,04	8,76	3,04
QMEP (MSPE)	71,99	122,66	56,53
QV (SB)	25,37	76,72	9,26
MaF	0,79	4,45	3,55
MoF	50,52	49,48	47,41
Distribuição acumulada dos erros de predição (%) ¹			
≤1s	42,69	14,60	49,41
≤2s	71,74	53,15	78,35
≤3s	90,51	76,82	89,57
≤4s	97,83	89,96	94,09

¹Distribuição calculada com base no desvio-padrão para os valores observados.

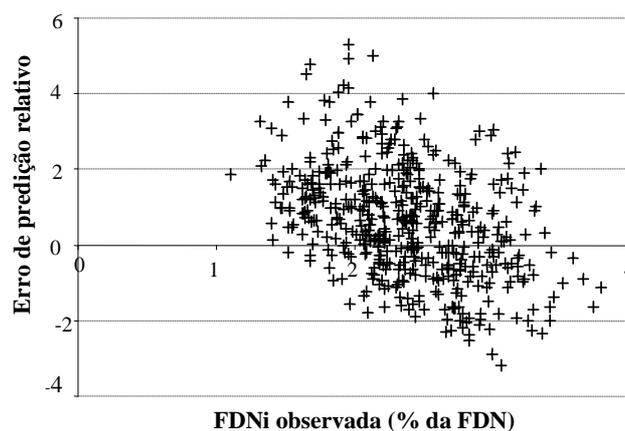


Figura 1. Dispersão dos erros de predição relativos (em unidades de desvio-padrão para valores observados) para o modelo NRC (2001) corrigido aplicado à lignina em ácido sulfúrico em função dos teores observados de fibra em detergente neutro indigestível (FDNi)

Observou-se melhor distribuição acumulada dos erros de predição para o modelo NRC (2001) corrigido aplicado à lignina em ácido sulfúrico, quando comparado aos demais modelos. Kobaiashy e Salam (2000) utilizando a lignina em ácido sulfúrico, demonstraram menor afastamento de uma observação a partir da média aritmética de todas as observações.

De acordo com Vieira et al. (2000a) e Detmann et al. (2004), a aplicação de uma relação linear simples para predição do teor de FDNi a partir das concentrações de compostos fenólicos na parede celular vegetal seria inconveniente, pois se assumiria que diferenças associadas a espécies e condições de crescimento das forrageiras não exerceriam influência sobre a dimensão da porção indigestível da FDN. No entanto, tais colocações

parecem constituir influência significativa em termos de avaliação comparativa frente aos dados apresentados neste trabalho (Tabelas 1, 2 e 3).

Por outro lado, a inspeção detalhada dos erros de predição obtidos pelo modelo NRC (2001), permite evidenciar a tendência de superestimação dos teores de FDNi (Figura 2), enquanto que, a Figura 3 mostra a dispersão dos erros de predição em função dos teores observados de FDNi para o modelo CNCPS utilizando-se lignina em ácido sulfúrico, verificando-se total falta de similaridade, além de uma tendência de subestimação para com os teores de FDNi observados. Estes resultados indicam a inadequação do modelo para a estimação do teor de FDNi em gramíneas tropicais, conforme também relatado por Vieira et al. (2000b).

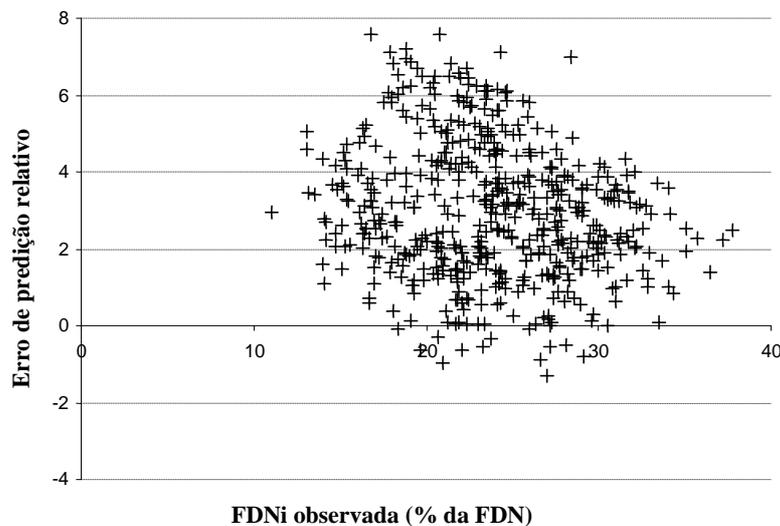


Figura 2. Dispersão dos erros de predição relativos (em unidades de desvio-padrão para valores observados) para o modelo NRC (2001) aplicado à lignina em ácido sulfúrico em função dos teores observados de fibra em detergente neutro indigestível (FDNi)

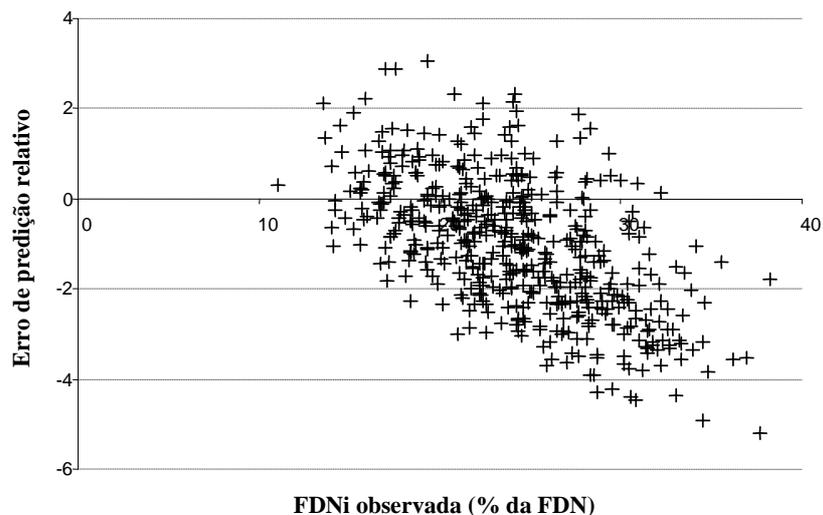


Figura 3. Dispersão dos erros de predição relativos (em unidades de desvio-padrão para valores observados) para o modelo CNCPS aplicado à lignina em ácido sulfúrico em função dos teores observados de fibra em detergente neutro indigestível (FDNi)

Embora os métodos baseados na extração por ácido sulfúrico e permanganato de potássio sejam comumente relatados na literatura como opções para avaliação dos teores de lignina em alimentos para animais (VAN SOEST, 1994), o método do ácido sulfúrico tem sido recomendado como padrão em diferentes sistemas e publicações relacionados à avaliação de alimentos para animais ruminantes (WEISS et al., 1992; VAN SOEST, 1994; NRC, 2001), o que reflete, possivelmente, suas vantagens no tocante a rapidez, menor custo e menores danos ambientais a partir dos resíduos químicos obtidos.

Embora a recomendação mútua possa parecer conveniência à disponibilidade de recursos ou outros elementos logísticos, deve-se ressaltar que a base química dos modelos supracitados são distintas (VAN SOEST, 1994), e pode desta forma, interferir diretamente sobre as estimativas de FDNi obtidas.

O ácido sulfúrico, em função de sua concentração, e, em menor plano, em função das condições ambientais da análise, age na solubilização dos componentes celulósicos da parede celular vegetal após prévia extração com detergente ácido, e mantém os componentes fenólicos como resíduo. A ação do permanganato de potássio se baseia na solubilização dos compostos fenólicos da parede celular vegetal, também após tratamento prévio com detergente ácido, e produz resíduo no qual se concentram os compostos celulósicos. Embora, em uma visão simples de conceito, os métodos possam parecer perfeitamente complementares, problemas residem sobre a definição exata do limite de ação de cada um dos reagentes (VAN SOEST, 2004), o que faz com que as estimativas dos teores de lignina obtidas por ambos os métodos não sejam similares (VAN SOEST, 1994). A maior diferença entre a ação do ácido sulfúrico e do permanganato de potássio parece ser percebida nas

regiões-limites entre os compostos celulósicos e fenólicos, região esta na qual se espera que ocorra maior ação inibitória da lignina sobre a degradação microbiana no ambiente ruminal.

Desta forma, especula-se que a ação diferenciada dos reagentes supracitados possa levar a diferenciações qualitativas associadas às estimativas gravimétricas dos teores de lignina dos alimentos, ou seja, a ação inibitória associada aos compostos fenólicos retidos como lignina, e suas particularidades de extração nas regiões limítrofes com os carboidratos da parede celular, poderiam apresentar diferentes associações com a fração indegradável da FDN.

Ao utilizar-se a lignina em permanganato de potássio, verificou-se para o modelo corrigido (NRC II) grande contribuição do modelo de flutuação aleatória (Mof) ao quadrado

médio do erro de predição (QMEP) (Tabela 3 e Figura 4), e destacou-se similaridade para com os teores de FDNi observados. Foi verificado erro médio de predição de + 2,75 pontos percentuais para o modelo NRC (II) e + 8,42 para o modelo NRC (I) (Tabela 3 e Figura 5). Este comportamento relaciona-se à tentativa do modelo em simular a direção do afastamento de uma observação a partir da média aritmética de todas as observações do conjunto de dados avaliados (KOBAYASHI & SALAM, 2000), e apresenta maior eficiência para o modelo corrigido. Por outro lado, a Figura 6 mostra a dispersão dos erros de predição em função dos teores observados de FDNi para o modelo CNCPS ao se utilizar LPER, e verifica-se total falta de similaridade, além de uma tendência de subestimação para com os teores de FDNi observados.

Tabela 3. Erro médio de predição (EMP), quadrado médio do erro de predição (QMEP), quadrado do vício (QV), componentes relativos à magnitude de flutuação aleatória (MaF) e modelo de flutuação aleatória (MoF) e distribuição dos erros de predição para os valores preditos de fibra em detergente neutro indigestível (% da fibra em detergente neutro) a partir dos teores de lignina em permanganato de potássio (n = 540) de acordo com os modelos CNCPS, NRC (2001) e NRC (2001) com modificações propostas por Detmann et al. (2004)

Item	Modelos		
	CNCPS	NRC (I)	NRC (II)
EMP (MPE)	-5,61	8,42	2,75
QMEP (MSPE)	72,78	120,77	55,36
QV (SB)	31,50	70,94	7,54
MaF	0,28	4,06	3,30
MoF	41,01	45,77	44,51
Distribuição Acumulada dos Erros de Predição (%) ¹			
≤1s	38,3	32,6	53,1
≤2s	71,7	66,9	81,7
≤3s	93,7	83,0	93,5
≤4s	99,4	92,2	98,7

¹Distribuição calculada com base no desvio-padrão para os valores observados.

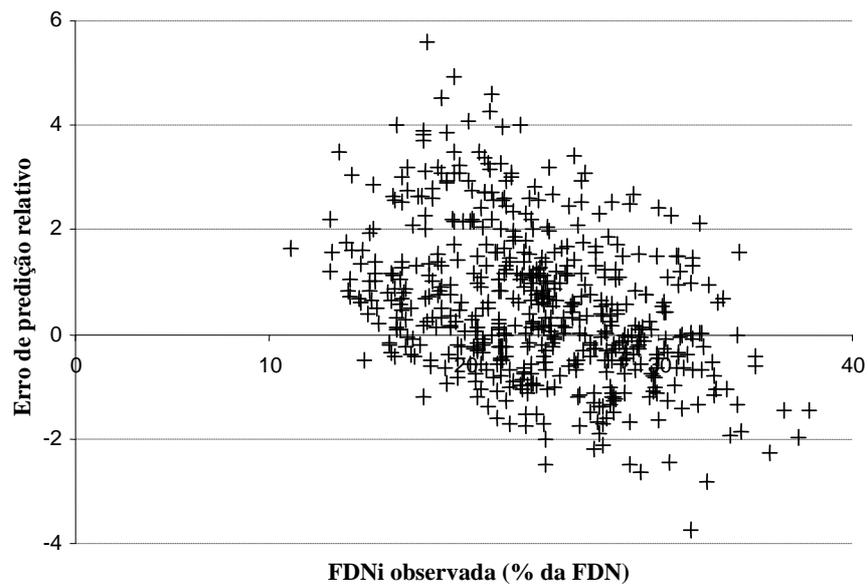


Figura 4. Dispersão dos erros de predição relativos (em unidades de desvio-padrão para valores observados) para o modelo NRC (2001) corrigido aplicado à lignina em permanganato de potássio em função dos teores observados de fibra em detergente neutro indigestível (FDNi)

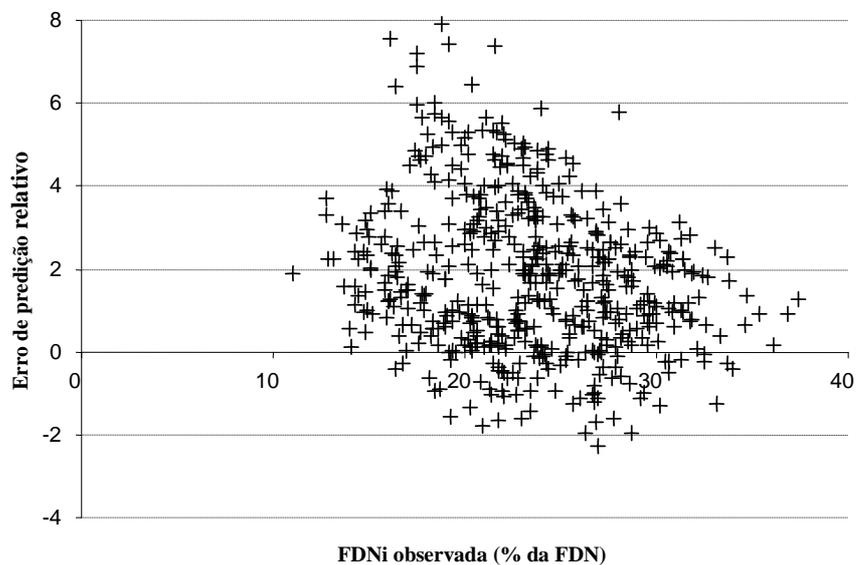


Figura 5. Dispersão dos erros de predição relativos (em unidades de desvio-padrão para valores observados) para o modelo NRC (I) aplicado à lignina em permanganato de potássio em função dos teores observados de fibra em detergente neutro indigestível (FDNi)

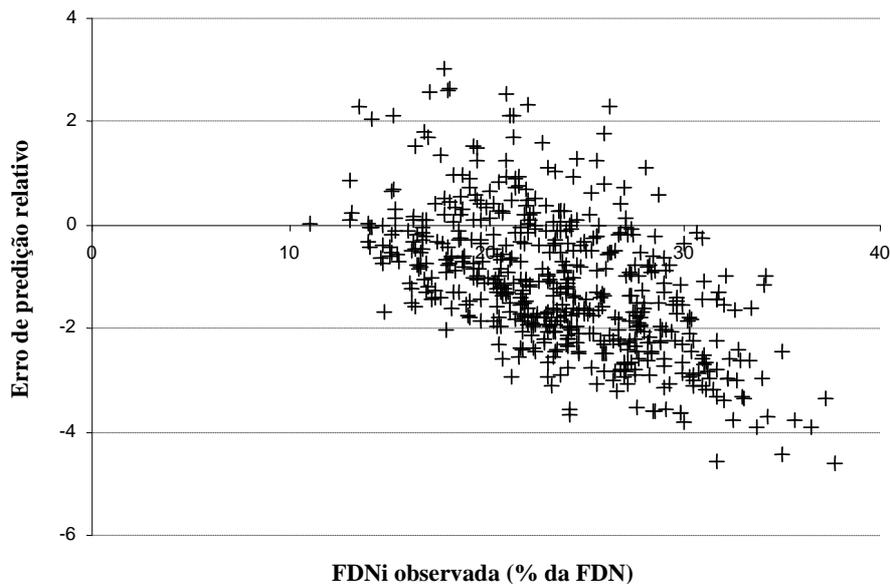


Figura 6. Dispersão dos erros de predição relativos (em unidades de desvio-padrão para valores observados) para o modelo CNCPS aplicado à lignina em permanganato de potássio em função dos teores observados de fibra em detergente neutro indigestível (FDNi)

A adoção de uma associação exponencial, conforme verificado no modelo adotado pelo NRC (2001), implica no fato de uma unidade de lignina causar maior refração à degradação em forragens com grau reduzido de lignificação quando em comparação àquelas com elevada concentração de lignina (DETMANN et al., 2004).

Neste contexto, segundo Detmann et al. (2004), correção empírica permite evidenciar o fato de a proteção causada pela presença de compostos fenólicos na parede celular de forrageiras tropicais ser menos intensa que aquelas inicialmente proposta pela adoção da Lei de Superfície, base para o modelo adotado pelo NRC (2001) (WEISS et al., 1992).

Em outras palavras, a taxa de proteção da lignina, representada pela derivação do teor de FDNi em função

da concentração de lignina ($d(\text{FDNi})/d(\text{Lignina})$), é de menor dimensão em forrageiras tropicais do que aquela regida de forma pura pela Lei de Superfície.

A proporção tecidual em forrageiras pode ser altamente influenciada por fatores morfológicos, fisiológicos, climáticos e por espécie; o que caracteriza um quadro heterogêneo sobre o comportamento de degradabilidade entre diferentes forragens de diferentes estádios fisiológicos, e portanto, não suportar um quadro único relacionado ao efeito “geométrico” da lignina sobre o aproveitamento dos demais componentes da parede celular vegetal (PACIULLO et al., 2002).

Contudo, por ser a composição básica do complexo lignina amplamente afetada por fatores edafo-climáticos e pela espécie forrageira, a adoção do fator empírico e correção sugerido por

Detmann et al. (2004) parece realmente atribuir maior verossimilhança à adoção do modelo exponencial implementado pelo sistema NRC (2001) em condições tropicais, principalmente, quando se utilizou o método gravimétrico lignina em permanganato de potássio.

Segundo Traxler et al. (1998), melhores estimativas da fração indigestível da FDN são obtidas a partir dos teores de lignina em permanganato de potássio. No entanto, Detmann et al. (2004), ao inferirem que modelos de natureza não-linear produzem estimativas menos tendenciosas dos teores de FDN a partir das concentrações de lignina, o fizeram também com base no método de extração baseado em permanganato de potássio.

De forma comum a todas as equações avaliadas, a decomposição do quadrado médio do erro de predição permite evidenciar participação e limitação similar entre estes no tocante ao comportamento relativo ao MoF. Tal comportamento indica diretamente a deficiência de modelos em simular a direção do afastamento de um valor simulado tendo como base a média aritmética do conjunto de valores observados empregado no processo de validação (KOBAYASHI & SALAM, 2000). Em outras palavras, tal limitação reside sobre a fraca associação (ou correlação) entre as variáveis independentes do modelo e a variável resposta a ser predita ou simulada.

Assim, dentre os modelos dos sistemas nutricionais preditos, o NRC-2001 corrigido apresentou melhores resultados em simulação quando se utilizou a LAS e a lignina em permanganato de potássio na predição da FDNi.

REFERÊNCIAS

DETMANN, E.; PAULINO, M.F.; ZERVOUDAKIS, J.T.; VALADARES FILHO, S.C.; EUCLYDES, R.F.; LANA, R.P.; QUEIROZ, D.S. Cromo e indicadores internos na determinação do consumo de novilhos mestiços, suplementados, a pasto. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.5, p.1600-1609, 2001.

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 do potencial de degradação da fibra em detergente neutro em gramíneas tropicais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.6, p.1866-1875, 2004.

KOBAYASHI, K., SALAM, M.U. Comparing simulated and measured values using mean squared deviation and its components. **Agronomy Journal**, v.92, n.2, p.345-352, 2000.

MERTENS, D. R. Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fiber in feeds using refluxing in beakers or crucibles: collaborative study. **Journal of Association of Official Analytical Chemists International**, v.85, p.1217-1240, 2002.

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

PACIULLO, D.S.C.; GOMIDE, J.A.; SILVA, E.A.M.; SILVA, E.A.M.; QUEIROZ, D.S.; GOMIDE, C.A.M. Características anatômicas da lâmina foliar e do colmo de gramíneas forrageiras tropicais, em função do nível de inserção no perfilho, da idade e da estação de crescimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.2, p.890-899, 2002.

SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D.; VAN SOEST, P.J.; FOX, D.J.; 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.

ROCHA JÚNIOR, 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 proposta pelo NRC (2001). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.2, p.480-490, 2003.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3.ed. Viçosa, MG: UFV, 2002. 235p.

TRAXLER, M.J.; FOX, D.G.; VAN SOEST, P.J.; PELL, A.N.; LASCANO, C.E.; LANNA, D.P.D.; MOORE, J.E.; LANA, R.P.; VÉLEZ, M.; FLORES, A. Predicting forage indigestible NDF from lignin concentration. **Journal of Animal Science**, v.76, n.5, p.1469-1480, 1998.

VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. Ithaca: 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, 2000a.

VIEIRA, R.A.M.; PEREIRA, J.C.; MALAFAIA, P.A.M.; QUEIROZ, A.; GONÇALVES, A.L. Fracionamento dos carboidratos e cinética de degradação *in vitro* da fibra em detergente neutro da extrusa de bovinos a pasto. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.3, p.889-897, 2000b.

WEISS, W.P.; CONRAD, H.R.; PIERRE, N.R.S. A theoretical-based model for predicting total digestible nutrient value of forage and concentrates. **Animal Feed Science and Technology**, v.39, n.1, p. 95-110, 1992.

Data de recebimento: 24/09/2009

Data de aprovação: 12/09/2010