

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
FACULDADE DE AGRONOMIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

**USO DO NITROGÊNIO FECAL PARA ESTIMAR O CONSUMO E A  
DIGESTIBILIDADE EM RUMINANTES EM PASTEJO**

VANESSA PERIPOLLI  
Zootecnista/UFSM

Dissertação apresentada como um dos requisitos à obtenção do grau de  
Mestre em Zootecnia  
Área de concentração Produção Animal

Porto Alegre (RS), Brasil  
Janeiro, 2010

## DEDICATÓRIA

Ao grande arquiteto do Universo, pai celestial,  
*por iluminar o meu caminho e me guiar sempre;*

A minha mãe Marilene e ao meu pai Ildo Luiz,  
*por todo esforço e dedicação, para que eu tivesse a oportunidade de chegar até aqui;*

A minha irmã Mariane,  
*por todo o amor, carinho, compreensão, confiança e apoio;*

Aos meus tios Beatriz, Ivo e Odimar e ao meu avô Bortolo,  
*pelo incentivo a educação, amizade, atenção e apoio;*

*A todos vocês dedico este trabalho!!!*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus pelo dom da vida!

A Universidade Federal do Rio Grande do Sul pela oportunidade de cursar mestrado numa instituição por excelência.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de estudos.

Ao meu orientador Professor Júlio Barcellos, pelos ensinamentos, paciência, amizade, dedicação, apoio nas horas de maior necessidade e confiança em mim depositada.

Ao meu co-orientador Professor Ênio Rosa Prates, pelos ensinamentos, amizade e sugestões.

Aos demais professores do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia – UFRGS, pelo convívio e amizade durante o curso.

Aos integrantes do Núcleo de Estudos em Sistemas de Produção de Bovinos de Corte e Cadeia Produtiva (NESPRO) pelas trocas de experiências, dada a diversidade do grupo.

A Ione Borcelli e a Maria do Carmo pelos auxílios sempre que necessário.

A todos que de maneira direta ou indireta contribuíram para a realização desse trabalho.

**MUITO OBRIGADA!**

# USO DO NITROGÊNIO FECAL PARA ESTIMAR O CONSUMO E A DIGESTIBILIDADE EM RUMINANTES<sup>1</sup>

Autor: Vanessa Peripolli

Orientador: Júlio Otávio Jardim Barcellos

Co-orientador: Ênio Rosa Prates

## RESUMO

O consumo é o principal fator que afeta o desempenho animal e a eficiência produtiva. Em experimentos com animais em pastejo, a estimativa do consumo depende da determinação da digestibilidade da forragem consumida e da quantificação da excreção fecal. Como todas as medidas são estimativas, o grau de imprecisão pode ser grande. Em função das dificuldades para determinar o consumo e a digestibilidade da matéria seca diretamente usando animais em pastejo, vários métodos indiretos são utilizados, considerando a composição fecal. Neste trabalho foi avaliado o uso do nitrogênio fecal como indicador e testaram-se os dois pressupostos básicos envolvidos na utilização do nitrogênio fecal como indicador: 1) a excreção de nitrogênio fecal é constante e independe da excreção fecal de matéria seca, ou 2) a excreção de nitrogênio fecal é diretamente proporcional à excreção de matéria seca fecal. No primeiro caso, espera-se que a concentração de nitrogênio fecal seja diretamente proporcional à digestibilidade dos alimentos, e no segundo caso, espera-se que a excreção de nitrogênio fecal seja diretamente proporcional ao consumo de um determinado alimento. Também foi avaliado o modelo não linear de predição da digestibilidade da forragem  $y_{ij} = a - (b + \mu_i) \exp [(-cx_{ij})/100] + e_{ij}$  que usa o nitrogênio fecal como indicador. Para testar os dois pressupostos e o modelo supracitados, foram analisados dados de experimentos de digestibilidade *in vivo*, conduzidos com ovinos alimentados com diferentes dietas, com o objetivo de avaliar o uso do nitrogênio fecal para estimar o consumo e a digestibilidade por ruminantes. Considerando as dificuldades na determinação do consumo em animais, o nitrogênio fecal pode ser utilizado com alta precisão para estimar o consumo de ruminantes ( $r^2 = 0,73$ ) em pastagens heterogêneas, diferentemente da digestibilidade, que mostrou um baixo valor de  $r^2$  (0,36) para este tipo de aplicação. A equação obtida por meio do modelo misto não-linear foi  $DMO = 0,7892 - 0,3833 \exp [(-0,5264PB (g/kg MO))/100]$ . Foi concluído que o nitrogênio fecal pode ser utilizado com alta precisão para estimar o consumo e a digestibilidade em ruminantes quando se utiliza um modelo de regressão adequado.

---

<sup>1</sup> Dissertação de Mestrado em Zootecnia – Produção Animal, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil (76p.) Janeiro, 2010.

# THE USE OF FECAL NITROGEN TO ESTIMATE INTAKE AND DIGESTIBILITY IN RUMINANTS<sup>2</sup>

Author: Vanessa Peripolli

Adviser: Júlio Otávio Jardim Barcellos

Co-adviser: Ênio Rosa Prates

## ABSTRACT

Intake is the main factor that affects animal performance and production efficiency. In experiments with grazing animals, the estimate of intake depends on the determination of the digestibility of forage consumed and the quantification of fecal excretion. As all measurements are estimates, the inaccuracy can be great. Due to the difficulties in determining the intake and digestibility of dry matter directly using grazing animals, a lot of indirect methods are used, considering the composition of fecal excretion. This study evaluated the use of fecal nitrogen as an indicator and it was tested the two basic assumptions involved in the use of fecal nitrogen as an indicator: 1) fecal nitrogen excretion is constant and independent of fecal dry matter, or 2) fecal nitrogen excretion is directly proportional to the excretion of fecal dry matter. In the first case, it is expected that the concentration of fecal nitrogen is directly proportional to the digestibility of foods, and in the second case, it is expected that the excretion of fecal nitrogen is directly proportional to the intake of any food. It was also assessed the no linear model to predict forage digestibility  $y_{ij} = a - (b + \mu_i) \exp [(-cx_{ij})/100] + e_{ij}$  using the fecal nitrogen as an indicator. To test the two assumptions and the above model, it was analyzed data from *in vivo* digestibility experiments, conducted with sheep fed different diets, in order to evaluate the use of fecal nitrogen to estimate the intake and digestibility by ruminants. Considering the hindrances to determine feed intake in animals, fecal nitrogen content may be used to provide highly precise estimates of forage intake in ruminants ( $r^2 = 0.73$ ) grazing on heterogeneous pasture, differently from digestibility, which showed low  $r^2$  (0.36) for this application. The equation obtained using the non-linear mixed model was.  $OMD = 0,7892 - 0,3833 \exp [(-0,5264CP (g/kg OM))/100]$  It was concluded that fecal nitrogen can be used with high precision for estimate intake and digestibility in ruminants when using a suitable regression model.

---

<sup>2</sup> Master of Science dissertation in Animal Science, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brazil (76p.) January, 2010

# SUMÁRIO

	Página
<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>1</b>
<b>1 INTRODUÇÃO GERAL .....</b>	<b>2</b>
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>4</b>
2.1 Metodos convencionais para determinar a qualidade nutricional da dieta .....	4
2.2 Indicadores fecais para estimar a qualidade da dieta .....	10
2.3 Uso do nitrogênio fecal como indicador .....	13
2.4 Equações para estimar o consumo e a digestibilidade .....	18
<b>3 HIPÓTESES DO TRABALHO .....</b>	<b>22</b>
<b>4 OBJETIVOS.....</b>	<b>23</b>
4.1 Objetivo geral .....	23
4.2 Objetivos específicos .....	23
<b>5 METODOLOGIA GERAL .....</b>	<b>24</b>
5.1 Coleta dos dados .....	24
5.2 Análises químicas.....	25
5.3 Cálculos e análises estatísticas .....	25
<b>CAPÍTULO II.....</b>	<b>28</b>
<b>Uso do nitrogênio fecal para estimar consumo e digestibilidade em ruminantes em pastejo .....</b>	<b>29</b>
Introdução.....	32
Material e Métodos.....	34
Resultados .....	35
Discussão .....	38
Conclusão .....	41
Referências .....	42
<b>CAPÍTULO III.....</b>	<b>50</b>
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>51</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>53</b>
<b>APÊNDICE.....</b>	<b>61</b>
<b>VITA .....</b>	<b>76</b>

## RELAÇÃO DE TABELAS

	Página
CAPITULO I.....	1
1. Composição química das forragens em experimentos de digestibilidade conduzidos com ovinos (valores são amplitude das variáveis).....	27
CAPITULO II.....	28
1. Composição química das forragens em experimentos de digestibilidade conduzidos com ovinos (valores são amplitude das variáveis).....	44
2. Relação entre o consumo de matéria orgânica (g/dia) e o nitrogênio fecal (g/dia) em ovinos, onde $y$ =consumo de matéria orgânica e $x$ = nitrogênio fecal.....	45
3. Relação entre a digestibilidade da matéria orgânica (valor absoluto) e o nitrogênio fecal (g/kg MO) em ovinos, onde $y$ = digestibilidade da matéria orgânica e $x$ = nitrogênio fecal.....	46
4. Parâmetros estimados pela equação de regressão não linear para a digestibilidade da MO.....	47
5. Parâmetros estimados pela equação de regressão não linear para a digestibilidade da MO.....	48
6. Comparação entre a digestibilidade da matéria orgânica estimada e a observada usando os métodos do erro de predição quadrático médio (EPQM) e do erro de predição médio (EPM) .....	49

## RELAÇÃO DE ABREVIATURAS

a, b, c = parâmetros de efeito constante

DMO = digestibilidade da matéria orgânica

EB = energia bruta

EP = erro padrão

epe = erro padrão da estimativa

EPM = erro de predição médio

EPQM = erro de predição quadrático médio

GL = graus de liberdade

IC = intervalo de confiança

MO = matéria orgânica

MS = matéria seca

N = nitrogênio

NF = nitrogênio fecal

NI = nitrogênio indigestível

NIRS = espectrofotometria de refletância do infravermelho proximal

NLMIXED = modelo misto não linear

PB = proteína bruta

PBSDA = proteína bruta solúvel em detergente ácido

$S^2$  = variância do erro residual

$S^2\mu$  = variância do parâmetro de efeito aleatório



Não é conhecer muitas coisas, mas sim por muitas coisas em contato uma com as outras que constitui o grau de criatividade (Hugo Von Hofmannsthal, s/d)

## **CAPÍTULO I**

## **1 INTRODUÇÃO GERAL**

Os sistemas de produção de ruminantes no Rio Grande do Sul ocorrem predominantemente em pastagens naturais do bioma Pampa, um ambiente alimentar extremamente heterogêneo, formado por uma vegetação de elevada diversidade florística, funcional e estrutural.

A eficiência desses sistemas de produção depende, entre outros fatores, da oferta adequada de nutrientes aos animais, sendo as pastagens a principal fonte destes nutrientes.

A qualidade nutricional de um alimento tem sido definida como o produto do consumo voluntário, da digestibilidade e da eficiência de utilização dos nutrientes digeridos. Por isso, a caracterização da qualidade nutricional dos alimentos apresenta grande importância para os ruminantes, pois através dela pode-se inferir sobre a sua utilização por estes animais.

O consumo de nutrientes é um dos principais fatores limitantes na produção de ruminantes em pastejo, sendo influenciado por vários fatores associados ao animal, ao pasto, ao ambiente e as suas interações. O consumo pelos animais a pasto, no entanto, não pode ser determinado diretamente, de modo que várias metodologias foram desenvolvidas para estimá-lo, mas ainda existem poucos dados disponíveis para subsidiar o uso de equações.

A digestibilidade, principalmente a digestibilidade da m;

orgânica (DMO), é um dos critérios mais importantes para avaliar a qualidade nutricional do alimento.

A determinação do consumo e da digestibilidade podem ser obtidos pelo método direto, o qual implica em rigoroso controle de consumo e excreção diária, o que pode torná-lo inviável em situações de pastejo e também por ser um processo trabalhoso e de custo elevado. Alternativamente, métodos indiretos como técnicas *in vitro*, marcadores internos, espectrofotometria de refletância do infravermelho proximal (NIRS) e os indicadores fecais têm sido usados para estimar o consumo e a digestibilidade por ruminantes em pastejo.

A concentração de nitrogênio fecal como indicador fecal para estimar o consumo e a digestibilidade é atrativo em sistemas de pastejo extensivo devido a sua fácil aplicabilidade, simples metodologia de análise e as fezes são coletadas diretamente no campo, não sendo necessário o uso de animais preparados cirurgicamente.

Desta forma, foi avaliado por meio de equações de regressão o uso do nitrogênio fecal para estimar o consumo e a digestibilidade por ruminantes a partir de dados de experimentos de digestibilidade *in vivo*, conduzidos com ovinos, alimentados com forragens utilizadas nos sistemas de produção do Rio Grande do Sul.

## **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 Métodos convencionais para determinar a qualidade nutricional da dieta**

A qualidade nutricional da forragem pode ser determinada por amostragem da forragem consumida pelo animal e a determinação da sua composição bromatológica, da sua digestibilidade e do seu consumo (Van Soest 1994).

#### **2.1.1 Amostragem da forragem**

Os métodos geralmente sugeridos para coleta de amostras de pastagem variam desde a coleta total ou forragem disponível, o corte do rebrote, a técnica da simulação de pastejo (hand plucked) ou uso de animais fistulados no rúmen ou no esôfago. Cada um desses métodos tem suas vantagens e desvantagens (Prates, 1974).

A técnica amostral comumente utilizada em experimentos de pastejo e que imita o comportamento seletivo do animal é a simulação de pastejo. A sua limitação reside no fato de que a decisão sobre a amostragem é subjetiva ao observador. O grau de heterogeneidade do pasto também interfere na amostragem e o uso da técnica da simulação de pastejo, nestas condições, subestima a digestibilidade da dieta.

Entretanto, Prates (1974) ao comparar técnicas de coleta de amostra de pastagem para estimar o consumo, concluiu que a técnica da simulação de pastejo foi a mais acurada. Além de ser a mais fácil e econômica de usar, gerou estimativas de consumo melhor correlacionadas com o ganho.

Para minimizar os erros de amostragens, animais com fístulas ruminais e esofágicas tem sido utilizados para a obtenção das amostras de forragem para as análises bromatológicas (Holechek et al., 1982a). A implantação, mas principalmente a manutenção de fístulas, são os aspectos limitantes desta técnica e sua utilização tem sido criticada devido à mudança no comportamento ingestivo dos animais e às restrições éticas e legais ao seu uso.

Adicionalmente, também pode haver contaminação da amostra ingerida com saliva que contém compostos minerais e orgânicos. Assim a composição química da forragem amostrada não reflete exatamente a da forragem ingerida (Van Soest, 1994). Entretanto, para minimizar o problema com contaminantes Holechek et al. (1982a) sugeriram apresentar os resultados bromatológicos livres de cinzas, porém, a determinação de fósforo fica limitada devido à contaminação salivar.

O uso de animais fistulados são limitados a situações de pesquisa e necessitam de cuidados permanentes.

### **2.1.2 Digestibilidade da forragem**

A digestibilidade da forragem consumida em condições de pastejo pode ser medida diretamente com base na análise de amostras da forragem,

das fezes ou de ambos, mas comumente a digestibilidade da forragem tem sido estimada *in vitro*, por incubação microbiológica ou enzimática. No entanto, além de terem baixa reprodutibilidade entre laboratórios, nenhum desses métodos reproduz adequadamente o processo de digestão *in vivo* (Carvalho et al., 2007).

A digestibilidade da forragem pode ser também estimada com base na denominada técnica da proporção com uso de indicadores internos que são componentes naturais e indigestíveis da forragem e a determinação deste indicador na forragem e nas fezes. Pela determinação da relação da concentração do indicador e de um dado nutriente no alimento e a mesma relação nas fezes dos animais consumindo aquele alimento, a digestibilidade do nutriente pode ser obtida sem a necessidade de medir o consumo do alimento ou a produção de fezes. Os cálculos são feitos da seguinte maneira (Fontes et al., 1996):

$$\text{Digestibilidade dos nutrientes} = 100 - [100 (\% \text{ indicador no alimento} / \% \text{ indicador nas fezes}) \times (\% \text{ nutrientes nas fezes} / \% \text{ nutrientes no alimento})]$$

Os indicadores internos indigestíveis que têm sido usados na técnica da proporção, incluem lignina (Garrigus, 1934; Cook e Harris, 1951), sílica (Bergein, 1926), grupos metoxil (Richards e Reid, 1952) e n-alcanos (Cortês et al., 2005; Genro et al., 2005).

A lignina é um nome coletivo dado ao constituinte indigerido do material da parede celular da planta que é insolúvel em solução de ácido

sulfúrico a 72%. Embora a lignina tenha sido empregada com sucesso variável como um indicador na técnica da proporção (Forbes e Garrigus, 1950; Cook e Harris, 1951), ela tem permanecido como um método amplamente utilizado nas forragens pastejadas dos EUA. Possíveis explicações para o sucesso variável são que a lignina de uma planta pode ser quimicamente diferente da lignina de outra (Reid et al., 1952); a composição da lignina pode variar com o estágio de crescimento da planta (Pazur e De-Lon, 1948); a lignina ingerida por um animal pode diferir daquela excretada e vários métodos de análises de lignina podem medir diferentes constituintes da planta (Reid et al., 1952).

O valor da sílica como um indicador interno não tem sido acurado nos ensaios de pastejo pois o animal consome grande quantidade de solo nestas condições (Vallentine, 1956; Streeter, 1969). Portanto, contaminação com a sílica do solo é o principal fator que influencia negativamente o uso deste constituinte da planta. Jones e Handreck (1965) obtiveram estimativa confiável da digestibilidade usando determinação colorimétrica para sílica proposto por King et al. (1955) tomando precauções contra contaminação.

Tentativas têm sido feitas com o uso da concentração de grupos metoxil na forragem e fezes como um indicador de digestibilidade, pois ele é uma entidade química mais claramente definida e mais facilmente medida do que a lignina. Mas o uso desta substância necessita de elevado grau de precisão obtido pela aplicação do nitrogênio e do cromogênio como um indicador fecal (Reid, 1962).

Os alcanos das plantas são encontrados na cera cuticular (Chibnall et al., 1934) e são constituídos, predominantemente, por cadeias de carbonos

ímpares, de 25 a 35 carbonos. O método dos alcanos baseia-se no princípio que o padrão de alcanos na extrusa esofágica, digesta ou fezes, provenientes de uma pastagem botanicamente complexa, será o resultado de uma combinação dos perfis de alcanos presentes nas espécies forrageiras que contribuíram para aquela mistura (Dove e Mayes, 2003). Quando a dieta é composta por poucas espécies, os resultados estimados são muito próximos da composição conhecida (Dove e Mayes, 2003), entretanto, esse método consegue estimar, com precisão, somente até quatro componentes de uma pastagem com flora mais complexa, como as pastagens naturais (Dove, 1992) sendo necessário neste caso, o uso combinado de alcanos com outros potenciais marcadores encontrados na cera cuticular.

### **2.1.3 Consumo**

O consumo voluntário pode ser definido como sendo a quantidade de alimento ingerido por um animal durante um determinado período com livre acesso ao alimento (Mertens, 1994), geralmente é apresentado na unidade de kg de MS/animal/dia, ou ainda em uma medida comparativa relativa ao seu peso vivo ou percentagem do peso vivo metabólico.

O consumo também pode ser definido como sendo o produto da massa do bocado, da taxa de bocado, do tempo de duração das refeições e do número de refeições ao longo do dia (Rook, 2000).

O consumo de matéria seca constitui o primeiro ponto determinante do ingresso de nutrientes necessários ao atendimento das exigências de manutenção e produção animal e a sua avaliação a pasto é bastante complexa,



pois devem ser consideradas as inter-relações solo-planta-animal.

No curto prazo, numa escala de minutos a horas de pastejo, o consumo de forragem é resultado da estrutura e acessibilidade do pasto, bem como de sua abundância e qualidade. Nesta escala, o processo é denominado velocidade de ingestão ou taxa de consumo, sendo expressa em gramas de matéria seca (MS) ingerida por minuto de pastejo, portanto, a massa de bocado é o parâmetro mais determinante da ingestão. No longo prazo, a resposta funcional é comumente denominada de consumo diário, sendo expressa em kg de MS por dia e medido em escalas que vão de dias a semanas. Os fatores que controlam o consumo, são os processos digestivos, onde a taxa de passagem e a capacidade gastrointestinal assumem importância, ao lado de outros parâmetros de natureza não nutricional, como a termorregulação, a necessidade de socialização, descanso e exigências de água, bem como de vigilância (Laca e Demment, 1992).

Entretanto, as características físicas e químicas da dieta, tais como o conteúdo de fibra em detergente neutro da dieta (FDN), tamanho de partícula, facilidade de hidrólise do amido e da fibra, produtos da fermentação da silagem, concentração e características da gordura suplementada e a quantidade e degradação da proteína podem afetar grandemente o consumo de animais ruminantes, ao determinarem a integração dos sinais envolvidos na regulação do mesmo (Nascimento et al., 2009).

Segundo Mertens (1994) o consumo voluntário é regulado por três mecanismos: o fisiológico, onde a regulação é dada pelo balanço nutricional; o físico, relacionado a capacidade de distensão do rúmen; e o psicogênico, que

envolve o comportamento responsivo do animal a fatores inibidores ou estimuladores relacionados ao alimento ou ao ambiente.

## **2.2 Indicadores fecais para estimar a qualidade da dieta**

Devido às dificuldades para a determinação do consumo e do valor nutritivo em condições de pastejo extensivo em ruminantes, a concentração de indicadores fecais têm surgido como alternativa para estimar com alto grau de precisão a qualidade nutricional da forragem.

A técnica dos indicadores fecais é baseada na relação da concentração de algum constituinte químico fecal com a digestibilidade da matéria seca ou orgânica (Lancaster, 1949). Nesta técnica o indicador interno não necessita ser indigestível uma vez que é medido somente nas fezes, entretanto, requer que a forragem seja cortada e fornecida a animais em experimentos convencionais de digestibilidade para desenvolver equações relacionando o conteúdo de indicador fecal à digestibilidade da matéria orgânica da forragem, ou a relação de matéria orgânica na forragem àquela das fezes.

A porcentagem de digestibilidade da forragem pode ser calculada pela equação de regressão. Após estabelecer esta equação de regressão, a concentração do indicador interno é determinada em amostras de fezes coletadas diretamente do reto dos animais em pastejo. Segundo Harris et al. (1959), a equação de regressão obtida sob estas condições não se aplica necessariamente a um outro conjunto de condições. Desta maneira, para cada condição deveria ser determinada uma equação de regressão.

Os indicadores internos usados nessa técnica são nitrogênio (Raymond, 1948), fibra bruta (Raymond et al., 1954), grupos metoxil (Richards e Reid, 1952), sílica (McManus et al., 1967), cromogênio (Reid et al., 1952) e n-alcanos (Oró et al., 1965; Dove e Mayes, 1996).

Quando se usa a técnica dos indicadores fecais devem ser feitas duas pressuposições: 1) a forragem cortada e fornecida aos animais é similar em composição àquela selecionada pelos animais em pastejo; e, 2) os animais em experimentos de digestibilidade convencionais (gaiolas metabólicas) e os animais nas pastagens digerem a forragem com a mesma extensão (Van Dyne e Meyer, 1964).

De acordo com Raymond (1969) três sérios erros podem estar envolvidos na aplicação prática dos métodos do indicador fecal: primeiro, existe a possibilidade que erros de aplicação possam surgir quando uma regressão baseada em medidas em galpão é aplicada no campo, devido às prováveis diferenças no nível de consumo da forragem nas duas situações; em segundo lugar, a pressuposição na análise de regressão de que os erros foram distribuídos aleatoriamente é incorreto, e diferentes populações de alimentos mostram uma distribuição não aleatória acerca da linha geral de regressão; em terceiro e mais sério, entretanto, é a recente evidência que questiona a premissa básica da técnica do indicador fecal, que a relação baseada na alimentação em galpão da forragem cortada pode ser usada para prever a digestibilidade daquela parte da forragem que o animal em pastejo seleciona no campo.

Problemas associados com diferentes indicadores internos usados

nessa técnica foram revisados por Harris et al. (1959), Reid et al. (1952) e Streeter (1969). O nitrogênio e cromogênio foram estudados mais extensivamente. A validade do cromogênio das plantas como um indicador foi sustentada pelos resultados dos experimentos convencionais de digestibilidade conduzidos com bovinos e ovinos (Reid et al., 1950; Kane et al., 1953; Brisson et al., 1954; Kane e Jacobson, 1954; Raymond et al., 1954; Greenhalgh e Corbett, 1960). Entretanto, Greenhalgh e Corbett (1960) reportaram que a relação entre a concentração de cromogênio nas fezes e a digestibilidade foi diferente entre o primeiro crescimento e os rebrotes da forragem.

Richards et al. (1959) encontraram que a predição do conteúdo de cromogênio da dieta como sugerido por Reid et al. (1952) era confiável somente para fezes contendo mais do que 150 unidades de cromogênio por grama de MS. Foi sugerido que a predição direta de digestibilidade com cromogênio fecal deveria ser usado quando as amostras de fezes contivessem de 60 a 400 unidades de cromogênio/g de MS. Variação diária não significativa na excreção de cromogênio fecal foi encontrada por diversos pesquisadores (Woolfok et al., 1950; Soni et al., 1954; Bradley et al., 1956).

O uso de n-alcanos como indicador fecal foi inicialmente proposto por Mayes e Lamb (1984). O interesse pelo seu uso aumentou quando as técnicas de cromatografia gasosa e líquida se tornaram mais acuradas. Oró et al. (1965) observaram semelhança entre o padrão de n-alcanos nas fezes e na forragem consumida por bovinos. Posteriormente, Dove e Mayes (1996) compilaram resultados de vários estudos em que foi testada a validação do uso de n-alcanos como marcador da excreção fecal e demonstram o alto grau de

exatidão deste marcador, em relação aos obtidos com outros indicadores externos. Porém, a principal limitação do uso dos n-alcenos é a baixa precisão na estimativa, em pastagem com flora mais complexa (Dove, 1992), como as pastagens naturais do Rio Grande do Sul.

Scales et al. (1974), comparando várias técnicas indiretas de mensuração da digestibilidade mostraram que o nitrogênio fecal resultou na melhor predição da digestibilidade, com um coeficiente de determinação de 0,93 e um erro padrão de somente 2,2 unidades de digestibilidade. Esta acurácia foi consistente com Greenhalgh et al. (1966) e Langlands et al. (1963), os quais relataram erro padrão de predições menores que 3,4 unidades de digestibilidade. Entretanto, esta técnica não tem sempre resultado em predições precisas da digestibilidade *in vivo*.

Greenhalgh e Cobertt (1960), Greenhalgh et al. (1966), Minson e Kemp (1961), Langlands et al. (1963) e Jeffery (1971) relataram que equações de predição baseadas no nitrogênio fecal variam significativamente com a estação do ano e são influenciadas pelo consumo de forragem.

Entretanto, segundo Holloway et al. (1981) a técnica dos indicadores fecais é a única com potencial para avaliar a qualidade nutricional da forragem consumida por animais em pastejo extensivo.

### **2.3 Uso do nitrogênio fecal como indicador**

O uso do nitrogênio (N) fecal como indicador depende de um ou outro pressuposto, os quais são contrastantes e excludentes: 1) a excreção de N endógeno fecal é constante e independe da excreção fecal de matéria seca

ou, 2) a excreção de N fecal é diretamente proporcional a excreção de matéria orgânica fecal. No primeiro caso, seria esperado que a concentração de N fecal fosse diretamente proporcional à digestibilidade dos alimentos. No segundo caso, a excreção de N fecal seria diretamente proporcional ao consumo de um determinado alimento (Oliveira et al., 2007).

A excreção de nitrogênio fecal (NF, %MO) é em sua maior parte de origem endógena (representado por bactérias e descamações) e microbiana, mas também contém nitrogênio residual dos alimentos, geralmente quantificado como nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN). Em teoria, em animais que possuem ação fermentativa, a concentração de N fecal reflete principalmente a concentração bacteriana fecal, que é tanto mais elevada quanto mais digestível é a dieta. Adicionalmente, Van Soest (1994) indicou que as bactérias contribuem com aproximadamente 85% do N total presente nas fezes, e são responsáveis pela variação fecal encontrada em alguns experimentos, enquanto Mason (1969) encontrou que a concentração de nitrogênio microbiano em ruminantes aumenta com o aumento da qualidade da dieta.

Robbins (1983) e Hobbs (1987) sugeriram que o conteúdo de nitrogênio fecal pode ser utilizado somente como um indicador geral do consumo de proteína, e não como preditor dos níveis de nutrientes na dieta dos animais. Da mesma forma, Arthun et al. (1982), Leite e Stuth (1990), Nunez-Hernandez et al. (1992) e Wehausen (1996), não encontraram relação entre o nitrogênio fecal (%) e o nitrogênio da dieta (%) em ruminantes. Arthun et al. (1982) observaram que o nitrogênio fecal foi menos eficiente para responder às

variações no teor de proteína bruta (%) das forragens ( $r^2=0,66$ ), enquanto Leite e Stuth (1990) encontraram um valor de  $r^2 =0,59$  entre a concentração total de nitrogênio (% N na MO fecal) e o nitrogênio da dieta (%) em vacas consumindo forragem heterogênea. Nunez-Hernandez et al. (1992) encontraram baixa correlação entre o conteúdo de NF e a concentração de proteína bruta da dieta e as equações de regressão variaram com o tipo de forragem utilizada.

Holloway et al. (1981) encontraram que os indicadores fecais não apresentaram ampla aplicação devido às relações entre o NF e o consumo ou digestibilidade mudarem conforme as estações do ano, conteúdo de N na forragem e a variação entre as espécies consumidas. Entretanto a inclusão no modelo de componentes da forragem como o teor de extrato etéreo, constituintes da parede celular e matéria seca juntamente com o nitrogênio fecal, minimiza esses problemas e a aplicação de indicadores fecais se torna possível.

O conteúdo de proteína bruta fecal (PBf) foi o melhor indicador para prever o consumo e a digestibilidade em vacas crioulas consumindo *Dichanthium spp.* (Boval et al., 1996a), e também foi o preditor mais acurado da digestibilidade encontrado por Lancaster (1949), quando utilizou um modelo baseado na relação biológica entre a digestibilidade e o conteúdo de PBf.

Esse método também permitiu uma estimativa dos valores individuais de consumo em pastejo, que foram consistentes com o ganho médio diário medido simultaneamente com novilhas em pastejo e onde a qualidade da forragem era variável em cada experimento (Boval et al., 1996b; 2000; 2002).

Com dados de 445 observações individuais de experimentos de digestibilidade conduzidos com vacas e novilhas, Lukas et al. (2005) observaram que a concentração de PB fecal pode explicar 82% da variação na digestibilidade da MO em dietas baseadas em forragens, e que outros fatores da dieta como os teores de PB e gordura bem como o consumo de matéria seca não influenciaram no conteúdo de PB fecal. Contudo, o teor de fibra bruta, a proporção de concentrado na dieta e o tipo de forragem influenciaram significativamente o conteúdo de PB nas fezes. No entanto, a magnitude destes efeitos foi menor que duas unidades percentuais e o efeito da proporção dos concentrados na dieta não foi uniforme.

Existe relação entre a concentração de nitrogênio fecal com o consumo e com a digestibilidade da forragem (Holechek et al., 1982b), mas essa relação não foi alta suficiente para predizer a qualidade da dieta. Essa baixa relação também foi encontrada no trabalho de Wofford et al. (1985), que foi explicada pela presença de compostos fenólicos solúveis e taninos nas forragens que elevaram a concentração de NF em relação à digestibilidade.

O nitrogênio fecal foi menos adequado para predizer o N da dieta para forragens com altos teores de compostos fenólicos solúveis e lignina (Mould e Robbins, 1981). Também, o nitrogênio fecal não foi um adequado preditor da digestibilidade quando as dietas eram compostas por espécies arbustivas que possuem alto conteúdo de lignina e nitrogênio (Holechek et al., 1982b). A baixa predição do teor PB da dieta por meio do NF foi atribuído à presença de compostos fenólicos e taninos das espécies arbustivas utilizadas, bem como as proteínas de origem metabólica e bacteriana excretada com as



fezes (Kumara Mahipala et al., 2009). Entretanto, Holloway et al. (1981) encontraram uma melhora na predição da digestibilidade da forragem quando outros componentes fecais foram incluídos como variável independente no modelo de regressão múltipla *stepwise*.

Oliveira et al. (2007) em uma análise conjunta de diversos experimentos em que os animais foram alimentados com dietas com diferentes níveis de proteína ou com apenas um único tipo de volumoso, encontraram boas correlações entre o consumo de MO e o nitrogênio fecal. Entretanto, a digestibilidade apresentou baixa acurácia em ambos os tipos de dieta. Da mesma forma, David et al. (2008), trabalhando com níveis de oferta de azevém (1,5; 2,0; 2,5% do peso vivo e *ad libitum*) com ovinos, obtiveram alta correlação entre o conteúdo de NF e o consumo de MO ( $r^2 = 0,65$ ), diferentemente da digestibilidade que apresentou um valor de  $r^2$  insuficiente (0,07) para esse tipo de aplicação

Já Ospina e Prates (2000), estudando os resultados de digestibilidade da matéria orgânica de forragens cultivadas no Rio Grande do Sul e correlacionando com a excreção de nitrogênio fecal, obtiveram bons índices, ( $r^2 = 0,73$ ) permitindo a consideração dessa técnica na estimativa da digestibilidade em condições práticas.

A digestibilidade da MO calculada a partir da concentração do NF de 96 amostras fecais de 48 espécies de herbívoros variou de 46 a 80%, valores plausíveis dentro da variação esperada em herbívoros (Schwarm et al., 2009).

O monitoramento fecal com o NIRS foi relatado como uma ferramenta potencialmente útil na avaliação da qualidade da dieta de

herbívoros em pastejo (Stuth et al., 1989). Fanchone et al. (2009) compararam dois métodos de predição da DMO: o conteúdo de NF e a espectrofotometria de refletância do infravermelho proximal (NIRS) aplicado às fezes concluíram que ambos os métodos podem ser usados para prever a DMO da pastagem porém em diferentes contextos. Segundo os autores, a principal vantagem do NIRS em relação ao NF é que leva em conta as frações microbiana e endógena da PB fecal que são correlacionadas com a DMO. Outra vantagem deste método foi a rapidez e repetibilidade na predição, pois não necessita de análises químicas, exceto para calibração. Mesmo assim, a principal limitação desse método foi a dificuldade de se obter um número de amostras suficientes para desenvolver a equação de calibração. Assim, com um pequeno conjunto de dados (n=40), uma equação hiperbólica baseada no conteúdo de nitrogênio fecal foi adequada para prever a DMO de animais em pastejo.

#### **2.4 Equações para estimar o consumo e a digestibilidade**

Desde seu aparecimento como indicador para estimar a digestibilidade (Lancaster, 1949), o nitrogênio fecal tem sido muito questionado pois as diversas equações propostas têm apresentado uma grande variabilidade quanto a seus coeficientes de regressão. Isto invariavelmente tem conduzido a recomendar seu uso para condições restritas de utilização em função da estação do ano, do tipo de animal, do nível de alimentação, da espécie, das partes da planta, e do lugar, etc. (Minson, 1990). Em parte isto tem sido uma consequência do desconhecimento dos pressupostos envolvidos na utilização do nitrogênio fecal como indicador.

Alguns autores têm tentado melhorar o uso do nitrogênio fecal como indicador, dividindo o N total em frações nitrogenadas, porém os resultados têm sido pouco animadores (Leite e Stuth, 1990) e também pela utilização do conteúdo de proteína bruta solúvel em detergente ácido (PBSDA) ao invés do conteúdo de NF nas equações de predição. Porém, Lukas et al. (2005) e Schlecht e Susenbeth (2006) encontraram que a substituição do conteúdo de NF pelo conteúdo de PBSDA não melhora a relação com a digestibilidade da matéria orgânica.

O potencial do uso do nitrogênio fecal como indicador para estimar a digestibilidade está no fato dele variar de forma passiva com o conteúdo de parede celular das fezes, mas a confiabilidade do método depende da variação e do número de observações dos experimentos de digestibilidade *in vivo*, bem como o modelo de regressão aplicado.

Neste sentido, Lambourne e Readon (1963) trabalhando com uma ampla variedade de forragens, encontraram que equações de regressão hiperbólicas são mais precisas que equações lineares para explicar a variação do consumo a partir do conteúdo de NF para forragens agrupadas de acordo com a estação do ano (todas as forragens,  $y = 3,66 - 1,39NF + 0,36NF^2$ ,  $s=0,55$ ; forragens de verão:  $y = 0,83 + 0,88NF$ ,  $s= 0,58$ ; forragens de inverno:  $y = 0,12 + 0,86N$ ,  $s=0,42$ ).

Demarquilly e Jarrige (1981), trabalhando com dados de 1208 pastagens naturais, demonstraram que o conteúdo de nitrogênio aparentemente indigestível presente nas pastagens (NI, %MO) seguia uma estrita relação linear com o conteúdo de N nas pastagens (N, %MO). Em

função disto, estes autores propuseram a utilização de uma equação hiperbólica relacionando a DMO com o NF, a qual pode ser aplicada em diversas condições pois está composta por uma série de segmentos lineares e quadráticos que explicariam a diversidade dos modelos propostos e sua restrita aplicabilidade.

Por outro lado, funções inversas e quadráticas foram utilizadas para descrever a relação entre o conteúdo de NF e a digestibilidade da forragem (Thomas e Campling, 1976; Boval et al., 2003). Lukas et al. (2005) encontraram que um modelo exponencial fatorial foi mais adequado para prever a DMO que os modelos inversos e quadráticos. Schlecht e Susenbeth (2006) demonstraram que a equação de regressão não linear, proposta por Lukas et al. (2005) para bovinos, foi adequada para estimar a DMO de forragens da região semi-árida de Sahelian em bovinos, ovinos e caprinos.

A desvantagem dos modelos quadráticos é a diminuição dos valores de matéria orgânica estimados quando as concentrações de proteína bruta excedem ao valor máximo da curva

Ospina e Prates (2000), utilizando dados individuais sobre digestibilidade da matéria orgânica de algumas forragens utilizadas no Rio Grande do Sul ajustaram os dados de digestibilidade da matéria orgânica (DMO) e nitrogênio fecal (NF, %MO) a um modelo hiperbólico do tipo  $Y = a + b/X$ . O ajuste dos dados ao modelo gerou a equação:  $DMO = 0,8163 - 0,4097/NF$  ( $r^2=0,73$ ;  $epe=0,044$ ). As estimativas feitas com a equação mostraram ser precisas para estimar a digestibilidade da matéria orgânica o que sugere sua possível utilização em condições práticas.

Wang et al. (2009) utilizaram um modelo misto não linear (NLMIXED) para estimar a DMO da forragem utilizando o conteúdo de NF. O modelo foi ajustado por maximizar uma aproximação para a verossimilhança integrada sobre os efeitos aleatórios (tipo de dieta).

A relação entre o conteúdo de proteína bruta fecal e a digestibilidade da matéria orgânica não é linear, então, modelos não lineares devem ser usados (Lukas et al., 2005). Esta proposta pode vir ao encontro da grande expectativa em torno da utilização do conteúdo de nitrogênio presente nas fezes para estimar a qualidade nutricional da dieta consumida por ruminantes.

### 3 HIPÓTESES DO TRABALHO

- O consumo e a digestibilidade estimados por meio do conteúdo de nitrogênio fecal apresentam alta precisão.
- A equação de regressão linear pode ser usada com bastante precisão para estimar o consumo por ruminantes, nas condições do Rio Grande do Sul.
- A equação de regressão não-linear proposta por Wang et al. (2009), pode ser usada com bastante precisão para estimar a digestibilidade por ruminantes, nas condições do Rio Grande do Sul.

## **4 OBJETIVOS**

### **4.1 Objetivo Geral**

- Determinar a relação entre o conteúdo de nitrogênio fecal e o consumo e a digestibilidade a partir de dados de experimentos convencionais conduzidos com ovinos utilizando-se diferentes tipos de forragens cultivadas no Rio Grande de Sul e empregadas na alimentação de ruminantes.

### **4.2 Objetivos Específicos**

- Avaliar o modelo de regressão linear para a predição do consumo e da digestibilidade de forragens utilizando o nitrogênio fecal como indicador.
- Validar a equação de regressão não-linear proposta por Wang et al. (2009) para a estimativa da digestibilidade, em ruminantes.

## **5 METODOLOGIA GERAL**

### **5.1 Coleta de dados**

Os dados foram compilados a partir de experimentos de digestibilidade conduzidos com ovinos alimentados com diferentes tipos de forragens durante o período de 1968 a 1989 (242 observações provenientes de 59 experimentos com 28 forragens puras ou consorciadas representadas), conduzidos no Laboratório de Ensino Zootécnico (LEZO) Prof. Geraldo Velloso Nunes Vieira pertencente a Departamento de Zootecnia da Faculdade de Agronomia – UFRGS. Os animais foram mantidos em gaiolas de metabolismo com livre acesso à água. Os períodos de adaptação das dietas experimentais duraram no mínimo 10 dias, seguidos de cinco a sete dias de medida de consumo de alimento e excreção fecal. O número de animais por experimento variou de 2 - 9 e o peso inicial variou de 13,83 - 40,9 kg (Apêndice 2). A variação no teor de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB) e energia das forragens foram 33,4 – 94,7%; 69,84 – 98,33%; 1,29 – 23,9%, 3769 – 4191,24kcal/kg respectivamente. O consumo médio diário de MS e MO variou de 0,068 – 1,601 e 0,067 – 1,427kg/dia, respectivamente. O teor de PB na MO fecal variou de 41,31 – 201g/kg, respectivamente (Tabela 1).

As forragens foram agrupadas de acordo com: 1. digestibilidade (forragens de baixa digestibilidade = DMO menor que 50%; forragens de média



digestibilidade = DMO superior a 50 % e inferior a 60% e forragens de alta digestibilidade = DMO superior a 60%); 2. tipo de volumoso (palhas, palhas + bagaço de cana, fenos e silagens de gramíneas, fenos de espécies consorciadas, todas as forragens exceto gramíneas e todas as forragens exceto leguminosas) e 3. ciclo de produção (forragens anuais de estação fria e quente e forragens perenes de estação fria e quente) (Tabela 1).

## 5.2 Análises químicas

Em cada experimento de digestibilidade, foi calculado o consumo de forragem pela diferença entre o oferecido e as sobras de cada dia, e a DMO foi avaliada *in vivo* pela determinação da composição e da quantidade do alimento fornecido, das sobras e das fezes excretadas, através da pesagem e amostragem representativa das respectivas frações. As amostras das dietas, das sobras e das fezes de cada experimento foram moídas e encaminhadas ao Laboratório de Nutrição Animal da UFRGS, para as análises de MS, MO, PB e energia bruta (EB) segundo metodologias descritas por Prates (2007).

## 5.3 Cálculos e análise estatística

Os resultados de consumo e DMO foram submetidos à análise de regressão linear  $y_i = \alpha + \beta x_i + \varepsilon_i$ , onde  $y_i$  é a variável dependente (consumo ou DMO) e  $x_i$  é a variável independente (excreção de nitrogênio fecal).

A DMO também foi estimada pelo modelo de regressão não-linear proposto por Wang et al. (2009),  $y_{ij} = a - (b + \mu_i) \exp [(-cx_{ij})/100] + e_{ij}$  obtido pelo procedimento de modelos mistos não-linear (NLMIXED) do SAS (2003), o qual

ajustou este modelo por maximizar uma aproximação para a verossimilhança integrada sobre os efeitos aleatórios.

Nesta equação  $y_{ij}$  representa a digestibilidade da matéria orgânica  $j$  na forragem  $i$  ( $i = 1, 2, \dots, 28$ );  $a$ ,  $b$  e  $c$  são parâmetros de efeito constante;  $\mu_i$  são os parâmetros de efeito aleatório do tipo de dieta;  $x_{ij}$  é a concentração de proteína bruta (N x 6,25) na matéria orgânica fecal (g/kg) e  $e_{ij}$  é o erro residual.

A acurácia da predição, a correlação entre os valores medidos e estimados, foram examinadas por meio do erro de predição quadrático médio (EPQM), conforme Rook et al. (1990);

$$EPQM = (E - O)^2 + S_E^2(1 - b)^2 + S_O^2(1 - r^2).$$

Nesta equação  $E$  e  $O$  são a média da digestibilidade da matéria orgânica estimada e observada, respectivamente,  $S_E^2$  e  $S_O^2$  são a variância de  $E$  e  $O$ ,  $b$  e  $r$  são o grau de inclinação e o coeficiente de correlação, respectivamente, da regressão linear de  $E$  em  $O$ . Os três componentes representam a diferença média entre o estimado e o observado ( $E - O$ ), a variação da inclinação da reta de regressão de  $O$  em  $E$  e a variação aleatória dessa equação de regressão.

O erro de predição médio (EPM), expresso na proporção da digestibilidade média da matéria orgânica observada, foi usado para descrever a acurácia relativa da predição:

$$EPM = \sqrt{EPQM} / O$$

Tabela 1: Composição química das forragens em experimentos de digestibilidade conduzidos com ovinos (valores são a amplitude das variáveis)

Forragem	Tipo de volumoso	CMS (kg/dia)	CMO (kg/dia)	Composição química (%MS)				DMO (%)	PB (g/kg de MO fecal)	Ciclo <sup>1</sup>
				MS	MO (%)	PB (%)	Energia (kcal)			
<i>Medicago sativa</i>	Feno	0,332-1,601	0,298-1,427	87,5-93,53	87,53-97,28	17,08-23,09	4356,3	52,97-75,12	116,25-201,00	PEQ
<i>Oryza sativa</i>	Palha	0,478-0,648	0,383-0,519	86,39	80,09	5,03	3769	55,55-58,19	56,87-59,18	AEQ
<i>Avena sativa</i>	Feno	0,365-0,618	0,313-0,529	82,88	85,65	20,25	4443,73	71,52-78,18	171,37-186,68	AEF
<i>Lolium multiflorum</i> (Lm)	Palha	0,538-0,777	0,498-0,719	90,22	92,48	4,48		43,81-57,22	79,50-96,68	AEF
<i>Lm +trifolium repens</i> (Tr) + <i>Lotus corniculatus</i>	Feno	0,374-0,853	0,348-0,755	87,32	93,02	10,27	4295,4	65,73-68,12	119,81-124,37	AEF
<i>Campo nativo</i>	Feno	0,305-0,516	0,284-482	91,4	93,27	7,87	4135,96	45,38-47,44	77,5-84,37	PEQ
<i>Saccharum officinarum</i>	Bagaçõ	0,0681-0,100	0,0670-0,098	94,68	98,33	1,29	4262,39	26,23-35,99	64,00-96,75	PEQ
<i>Holcus lanatus</i> (Hl)	Feno	0,254-0,403	0,236-0,375	85,16	93,11	6,54	4504,11	41,77-44,48	67,5-73,12	AEF
Hl+Lm+Tr	Feno	0,516-0,704	0,469-0,640	90,67	90,91	13,72	4100,04	42,81-50,60	97,50-119,62	AEF
<i>Eleusine indica</i>	Feno	0,435-0,821	0,396-0,772	86,05	91,15	8,06		58,77-62,73	74,25-83,12	AEQ
<i>Secale cereale</i>	Feno	0,416-0,816	0,364-0,715	80,66	87,6	19,37	4812,57	71,97-79,00	156,46-191,25	AEF
<i>Lotus corniculatus</i>	Feno	0,397-0,744	0,370-0,694	86,40-88,64	93,26-93,40	9,93-14,44	4466,98	46,56-60,20	76,25-138,12	PEF
<i>Desmodium spp +Chloris gayana</i> Kunth (CgK)	Feno	0,337-0,517	0,305-0,468	85,1	90,53	13,06	4280,41	59,43-65,15	123,12-140,00	PEQ
<i>Vigna unguiculata</i> (Vu)	Silagem	0,484-0,698	0,338-0,487	33,4	69,84	18,5	4493,85	51,22-59,76	148,12-152,50	AEQ
<i>Pennisetum americanum</i> (Pa)	Feno	0,317-0,739	0,284-0,674	86,12-90,62	89,46-92,62	5,46-10,36	3931,67-4296,46	60,34-68,49	80,62-145,00	AEQ
Pa+Vu	Feno	0,475-0,688	0,425-0,616	83,39	89,56	12,11	4369,85	66,15-68,29	129,06-148,43	AEQ
<i>Zea mays</i>	Silagem	0,345-0,670	0,328-636	33,6	94,97	6,36	4644,55	62,7-64,58	85,68-101,06	AEQ
<i>Pennisetum purpureum</i>	Feno	0,371-0,616	0,331-0,542	86,19-91,27	86,9-90,34	3,78-8,24		41,65-65,93	51,75-107,62	PEQ
<i>Digitaria decumbens</i> (Dd)	Feno	0,882-1,125	0,742-1,015	89,44	90,24	10,81	4183,74	62,55-68,15	101,5-117,81	PEQ
<i>Dd+desmodium spp.</i>	Feno	0,304-0,457	0,277-0,417	88,5	01,18	15,68	4395	55,45-58,42	135,62-147,5	PEQ
<i>Dd+macroptilium atropurpureum</i> (Ma)	Feno	0,383-0,503	0,347-0,455	85,96	90,51	16,62	4335,74	56,63-58,85	114,37-133,12	PEQ
<i>Chloris gayana</i> Kunth (CgK)	Feno	0,455-0,610	0,418-0,552	87,19-91,18	91,78-92,54	5,55-7,34	4416,30-4608,22	52,66-65,04	41,31-103,12	PEQ
CgK	Palha	0,212-0,288	0,204-0,271	89,17-93,77	93,55-94,78	4,96-5,68	4071,38-4352,22	38,66-46,68	74,37-87,5	PEQ
CgK+Ma	Feno	0,282-0,334	0,225-0,302	88,69	90,35	12,75	4317,69	54,6-61,79	116,87-127,5	PEQ
<i>Setária sphacelata</i>	Feno	0,103-0,932	0,0917-0,825	91,41-93,62	88,6-94,20	3,94-6,47		34,5-67,38	53,93-111,62	PEQ
<i>Glycine max</i> (Gm)	Palha	0,124-0,350	0,121-0,331	86,72-93,53	94,78-97,52	3,75-8,78	4365,78	19,57-47,15	56,25-140,81	PEQ
Gm+ <i>Medicago sativa</i>	Feno/palha	0,117-0,445	0,114-0,412	89,97-93,16	92,51-97,52	13,74		19,5-69,32	67,93-148,62	PEQ
<i>Sudax</i>	Feno	0,414-0,632	0,347-0,572	85,52-90,27	85,44-90,47	10,05-16,75	3866,95-4209,99	57,68-64,63	119,37-193,12	AEF
<i>Triticum vulgare</i> Vill.	Palha	0,430-568	0,353-0,466	88,54	82,11	3,93	4371,75	37,48-47,00	58,56-63,62	AEF

<sup>1</sup>Ciclo de produção, onde: PEQ = perene de estação quente; PEF = perene de estação fria; AEQ = anual de estação quente; AEF = anual de estação fria

## **CAPITULO II<sup>1</sup>**

---

<sup>1</sup> Artigo elaborado conforme as Normas da Revista Animal Feed Science and Technology (Apêndice 1).

Uso do nitrogênio fecal para estimar consumo e digestibilidade em ruminantes

Vanessa Peripolli<sup>a</sup>, Ênio Rosa Prates<sup>b\*</sup>, Júlio Otávio Jardim Barcellos<sup>c</sup>, José Braccini Neto<sup>d</sup>

<sup>a</sup> *Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Departamento de Zootecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil.*

<sup>b</sup> *Depto. de Zootecnia, Faculdade de Agronomia – UFRGS. Professor Colaborador.*

<sup>c</sup> *Depto. de Zootecnia, Faculdade de Agronomia – UFRGS. Pesquisador CNPq.*

<sup>d</sup> *Depto. de Zootecnia, Faculdade de Agronomia – UFRGS.*

\* Autor para correspondência: Fone: 55-051 3339-5126; Fax: 55-051 3308-6048; E-mail: [erprates@orion.ufrgs.br](mailto:erprates@orion.ufrgs.br)

Submetido à Revista Animal Feed Science and Technology em

Revisado e re-submetido em

Revisado e re-submetido em

## Resumo

O objetivo deste trabalho foi avaliar o consumo e a digestibilidade dos alimentos em ruminantes, por meio do teor de nitrogênio nas fezes, bem como validar o modelo misto não-linear proposto por Wang et al. (2009) para a estimativa da digestibilidade em ruminantes. Foram analisados dados de experimentos convencionais de metabolismo, conduzidos com ovinos alimentados com diferentes tipos de forragens utilizadas no Rio Grande do Sul durante o período de 1968 a 1989 (242 observações provenientes de 59 experimentos com 28 forragens puras ou consorciadas representadas). O período de adaptação dos animais as dietas experimentais durou pelo menos 10 dias, seguido de cinco a sete dias para a medida do consumo de alimento e a excreção fecal. Nas amostras das dietas, das sobras e das fezes de cada experimento foram realizadas as análises de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB) e energia bruta (EB). Os resultados de consumo e digestibilidade da matéria orgânica foram submetidos à análise de regressão linear e a digestibilidade da matéria orgânica também foi estimada pelo modelo de regressão não linear. Considerando as dificuldades na determinação do consumo em animais em pastejo, a exceção de nitrogênio fecal pode ser utilizada com alta precisão para estimar o consumo de ruminantes ( $r^2 = 0,73$ ) em pastagens heterogêneas, diferentemente da digestibilidade, que mostrou um baixo  $r^2$  (0,36) para este tipo de aplicação. As forragens foram separadas em grupos de acordo com a digestibilidade, o tipo de forragem e ciclo de produção e analisadas separadamente resultando em uma melhora na precisão da estimativa linear do consumo para a maioria das forragens. Entretanto, a estimativa linear da digestibilidade por meio da excreção de nitrogênio fecal para as forragens separadas em grupos permanece abaixo do mínimo aceitável para essa estimativa. A equação obtida por meio do modelo misto não linear foi  $DMO = 0,7892 - 0,3833 \exp [(-0,5264PB (g/kg MO))/100]$ . Os parâmetros a e b estimados

pela equação para todas as forragens foram significativos ( $P < 0,05$ ) e não foi observado efeito do tipo de forragem ( $P = 0,2586$ ). O erro de predição médio (EPM), foi de 0,02559, indicando que a equação se ajustou bem aos dados. A diferença entre a digestibilidade da matéria orgânica estimada e observada foi causada principalmente pela variação aleatória (0,0006376). Este modelo também foi aplicado para os grupos de forragens. Isso indica que a equação desenvolvida com todas as forragens pode ser usada com bastante precisão para estimar a digestibilidade das forragens consumidas por ruminantes no Rio Grande do Sul.

*Palavras-chave:* digestibilidade, nitrogênio fecal, forragem, ovinos

*Abreviações:* PB, proteína bruta; MS, matéria seca; MO, matéria orgânica; EB, energia bruta; N, nitrogênio; DMO, digestibilidade da matéria orgânica; EP, erro padrão; EPQM, erro de predição quadrático médio; EPM, erro de predição médio; GL, graus de liberdade;  $S^2$ , variância do erro residual;  $S^2_u$ , variância do parâmetro de efeito aleatório.

## 1. Introdução

O consumo voluntário é a quantidade de alimento ingerido por um animal durante um determinado período com livre acesso ao alimento, sendo o principal fator que afeta o desempenho animal e a eficiência produtiva (Mertens, 1994). Adicionalmente ao consumo voluntário, a digestibilidade e a eficiência energética também afetam o desempenho animal e a eficiência produtiva, pois, ambas são correlacionadas positivamente com o consumo e com a qualidade do alimento.

O valor nutritivo de uma forragem é caracterizado pela digestibilidade da matéria orgânica da dieta (DMO). Entretanto, em animais em condições de pastejo extensivo, a determinação DMO depende da representatividade das amostras de fezes produzidas e de alimento consumido, que é de difícil obtenção em pastagens heterogêneas pela variação na sua composição e pela seleção da dieta pelo animal. Assim, métodos indiretos como técnicas *in vitro*, marcadores internos, espectrofotometria de refletância do infravermelho proximal (NIRS) e a concentração de nitrogênio nas fezes têm sido usados para estimar a digestibilidade.

O uso do nitrogênio fecal (NF) como indicador depende de um ou outro pressuposto, os quais são contrastantes: a excreção de nitrogênio (N) endógeno fecal é constante e independe da excreção fecal de matéria seca ou, a excreção de N fecal é diretamente proporcional à excreção de matéria orgânica fecal. No primeiro caso, seria esperado que a concentração de N fecal fosse diretamente proporcional a digestibilidade dos alimentos. No segundo caso, a excreção de N fecal seria diretamente proporcional ao consumo de um determinado alimento (Oliveira et al., 2007).

O conteúdo de nitrogênio fecal para estimar a digestibilidade é atrativo para pastagens heterogêneas e para consumo seletivo, porque permite a estimativa da qualidade da forragem



sem a necessidade de amostragem representativa da forragem consumida ou impor restrições aos animais (Wang et al., 2009). No entanto, isso implica em conduzir paralelamente um experimento de digestibilidade com diferentes níveis de consumo para se obter uma equação específica àquela forragem.

Ao considerar que as diferentes capacidades digestivas das espécies animais e que o efeito específico do tipo de dieta podem alterar os parâmetros da curva de regressão entre o nitrogênio fecal e a digestibilidade da matéria orgânica, Streeter (1969) e Le Du e Penning (1982) recomendaram estabelecer equações de regressão individuais para cada espécie e tipo de dieta para estimar a digestibilidade em condições de pastejo. Entretanto, equações de regressão individuais para uma dieta específica pode limitar o uso geral desse método; portanto, uma equação geral poderia estimar acuradamente a digestibilidade da matéria orgânica para diferentes dietas baseadas em forragens (Boval et al., 2003; Lukas et al., 2005 e Wang et al., 2009).

Objetivou-se estimar o consumo e a digestibilidade do alimento por meio do conteúdo de nitrogênio fecal, bem como validar a equação de regressão não-linear proposta por Wang et al. (2009) para a estimativa da digestibilidade, em ruminantes.

## 2. Material e métodos

Os dados foram compilados a partir de experimentos de digestibilidade conduzidos com ovinos alimentados com diferentes tipos de forragens durante o período de 1968 a 1989 (242 observações provenientes de 59 experimentos com 28 forragens puras ou consorciadas representadas), conduzidos no Laboratório de Ensino Zootécnico (LEZO) Prof. Geraldo Velloso Nunes Vieira pertencente a Departamento de Zootecnia da Faculdade de Agronomia – UFRGS. Os animais foram mantidos em gaiolas de metabolismo com livre acesso à água. Os períodos de adaptação das dietas experimentais duraram no mínimo 10 dias, seguidos de cinco a sete dias de medida de consumo de alimento e excreção fecal. O número de animais por experimento variou de 2 a 9 e o peso inicial variou de 13,83 a 40,9 kg. O consumo foi calculado pela diferença entre o alimento fornecido e as sobras de cada dia e a digestibilidade da matéria orgânica foi avaliada *in vivo* pela determinação da composição e da quantidade do alimento fornecido, das sobras e das fezes excretadas através de pesagem e amostragem representativa das respectivas frações. Ao final de cada experimento, as amostras das dietas, das sobras e das fezes foram moídas e encaminhadas ao Laboratório de Nutrição Animal da UFRGS, para as análises de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB) e energia bruta (EB) segundo metodologias descritas por Prates (2007).

As forragens foram agrupadas de acordo com: 1. digestibilidade (forragens de baixa digestibilidade = DMO menor que 50%; forragens de média digestibilidade = DMO superior a 50 % e inferior a 60% e forragens de alta digestibilidade = DMO superior a 60%); 2. tipo de volumoso (palhas, palhas + bagaço de cana, fenos e silagens de gramíneas, fenos de espécies consorciadas, todas as forragens exceto gramíneas e todas as forragens exceto leguminosas) e 3. ciclo de produção (forragens anuais de estação fria e quente e forragens perenes de estação fria e quente) (Tabela 1).

Os resultados de consumo e DMO foram submetidos à análise de regressão linear e a DMO também foi estimada pelo modelo de regressão não-linear proposto por Wang et al. (2009),  $y_{ij} = a - (b + \mu_i) \exp [(-cx_{ij})/100] + e_{ij}$  obtido pelo procedimento de modelos mistos não-linear (NLMIXED) do SAS (2003), o qual ajustou este modelo por maximizar uma aproximação para a verossimilhança integrada sobre os efeitos aleatórios. Nesta equação  $y_{ij}$  representa a digestibilidade da matéria orgânica  $j$  na dieta  $i$  ( $i = 1, 2, \dots, 28$ );  $a$ ,  $b$  e  $c$  são parâmetros de efeito constante;  $\mu_i$  são os parâmetros de efeito aleatório do tipo de dieta;  $x_{ij}$  é a concentração de proteína bruta ( $N \times 6,25$ ) na matéria orgânica fecal (g/kg) e  $e_{ij}$  é o erro residual. Diferenças entre médias com  $P < 0,05$  foram consideradas significativas. A acurácia da predição entre os valores de digestibilidade da matéria orgânica estimados e observados, foram examinadas por meio do erro de predição quadrático médio (EPQM), conforme Rook et al. (1990) e o erro de predição médio (EPM, raiz quadrada do EPQM) foi usado para descrever a acurácia relativa da predição.

### 3. Resultados

A amplitude na concentração de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), e energia das forragens foram de 33,4 – 94,7%; 69,84 – 98,33%; 1,29 – 23,9% e 3,769 – 4,812 Mcal/kg, respectivamente. O consumo médio diário de matéria seca e matéria orgânica variou de 0,068 a 1,601 kg/dia e 0,067 a 1,427kg/dia, respectivamente. O conteúdo de proteína bruta na matéria orgânica fecal variou de 41,31 a 201,00 (g/kg MO), o conteúdo de nitrogênio fecal variou de 2,14 a 78,70 g/dia e a digestibilidade da matéria orgânica variou de 19,5 a 79,0 %.

A relação entre o consumo de matéria orgânica e a excreção de nitrogênio fecal em ovinos quando os dados dos 59 experimentos são analisados conjuntamente, foi linear (CMO

=  $199,01 + 11,54x$ ,  $r^2=0,73$ ) observando-se que a excreção de N fecal aumentou com o maior consumo de matéria orgânica, confirmando o segundo pressuposto (a excreção de N fecal é diretamente proporcional à excreção de matéria orgânica fecal).

As forragens foram, também, separadas em grupos de acordo com a digestibilidade, o tipo de volumoso e o ciclo de produção e os dados foram analisados separadamente (Tabela 2). A variação dos dados diminuiu e a precisão da reta aumentou para a maioria das forragens.

De acordo com o primeiro pressuposto, a excreção de nitrogênio fecal é constante e independe da excreção fecal de matéria seca, então é esperado que o nitrogênio fecal seja diretamente proporcional a digestibilidade. Contudo, neste estudo, os resultados obtidos com os dados dos 59 experimentos utilizando todas as forragens ficaram aquém de um mínimo aceitável para essa hipótese ( $DMO = 0,3961 + 0,00928x$ ,  $r^2= 0,36$ , tabela 3), não permitindo uma estimativa adequada da digestibilidade através da excreção de nitrogênio fecal.

Mesmo quando as forragens foram analisadas separadamente por grupo de acordo com a digestibilidade, o tipo de volumoso e o ciclo de produção (Tabela 3), apenas para as forragens anuais de estação fria houve uma melhora significativa na estimativa da DMO. Para os demais grupos a variância do erro diminuiu mais do que a variação dos dados, porém a precisão continuou aquém de um mínimo aceitável para essa estimativa.

A baixa acurácia obtida na estimativa da digestibilidade através da excreção de nitrogênio fecal possivelmente seja em função do tipo de modelo matemático utilizado. Portanto, nestes mesmos dados foi testado o modelo de regressão não linear proposto por Wang et al. (2009), que leva em conta o efeito aleatório do tipo de dieta, para estimar a digestibilidade da matéria orgânica através do conteúdo de nitrogênio fecal.

Para todas as forragens, foi obtida a equação  $DMO = 0,7892 - 0,3833 \exp [(-0,5264PB (g/kg MO))/100]$ . Os valores de probabilidade

(Pr>t) dos parâmetros estimados foram significativos para os parâmetros de efeito constante (a e b) e para a variância do erro residual ( $S^2$ ), entretanto não foram observados efeitos significativos do parâmetro de efeito constante (c) e do tipo de dieta ( $S^2u$ ) (Tabela 4). A variação média entre a digestibilidade da MO estimada e observada para todas as forragens foi baixa (-0,0000019) e a variação residual das diferenças foi causada principalmente pela variação aleatória da equação de regressão (0,0006376 do MSPE), enquanto que a contribuição da variação média ( $3,61E-12$  do MSPE) e da variação da inclinação ( $1,766E-05$  do MSPE) foram relativamente baixas. O erro de predição médio (MPE) também foi baixo (0,02559, Tabela 6), indicando uma acurácia aceitável para a digestibilidade da matéria orgânica estimada por essa equação.

Este modelo de equação não linear também foi utilizado para analisar as forragens por grupo de acordo com a digestibilidade, o tipo de volumoso e o ciclo de produção e as equações obtidas encontram-se na tabela 5. Entretanto, esse modelo não se ajustou para as forragens de baixa digestibilidade, forragens anuais de estação quente e forragens perenes de estação fria e quente, possivelmente em função dos dados não seguirem o modelo da equação e também em função do baixo número de repetições de algumas forragens.

Para todos os grupos de forragens os valores de probabilidade (Pr>t) dos parâmetros estimados foram significativos para o parâmetro de efeito constante (a), entretanto não foram observados efeitos significativos do tipo de dieta ( $S^2u$ ) (Tabela 5). A variação média entre a digestibilidade da MO estimada e observada para os grupos de forragens foi baixa (-0,0000282 – 0,005482) e a variação residual das diferenças foi causada principalmente pela variação aleatória da equação de regressão (0,0000341 – 0,002371), enquanto que a contribuição da variação média e da variação da inclinação da reta de regressão na variação residual foram relativamente baixas (Tabela 6). O erro de predição médio (MPE) para os

grupos de forragens também foi baixo, (0,02594 – 0,04905), indicando que esta equação pode ser utilizada com alta precisão para a predição da digestibilidade da matéria orgânica das forragens.

#### 4. Discussão

Em trabalho realizado por Boval et al. (1996), a excreção de proteína bruta fecal (g/dia) foi o melhor indicador para estimar o consumo de matéria orgânica para ruminantes. No presente trabalho, o grau de precisão da reta obtido entre a excreção de nitrogênio fecal (g/dia) e o consumo de matéria orgânica (g/dia) pode ser considerado como alto ( $r^2= 0,73$ ), demonstrando claramente a possibilidade de uso da metodologia do nitrogênio fecal para estimar o consumo em pastagens heterogêneas, corroborando com Boval et al. (1996). No entanto, isso implica em conduzir paralelamente um experimento de digestibilidade em diferentes níveis de consumo para se obter uma equação específica para aquela forragem, uma vez que o nitrogênio fecal utilizado para esta estimativa é expresso em gramas por dia, que é de difícil obtenção em condições de pastejo extensivo sem o uso de marcadores externos ou bolsas coletoras de fezes.

Em avaliação similar, Oliveira et al. (2007) compilaram dados de oito experimentos de digestibilidade *in vivo* com ovinos consumindo *ad libitum*, e encontraram um valor de  $r^2=0,48$  para a regressão linear entre o consumo de matéria orgânica (g/dia) e o nitrogênio fecal (g/dia). Por outro lado, o mesmo estudo mostrou um valor de  $r^2= 0,96$  quando os animais foram alimentados com um único tipo de dieta em diferentes níveis de consumo.

David et al. (2008), trabalhando com ovinos recebendo diferentes níveis de oferta de azevém, encontraram um valor de  $r^2= 0,65$  para a regressão linear entre o consumo de matéria orgânica (g/dia) e o nitrogênio fecal (g/dia).

As equações obtidas neste trabalho apresentam boa precisão, e, portanto podem ser usadas na estimativa do consumo de MO de forragens produzidas no RS.

O primeiro pressuposto sugeria, que uma menor digestibilidade da matéria orgânica de um alimento resultaria em menores concentrações de nitrogênio fecal, já que a produção de fezes supostamente seria maior, entretanto, neste trabalho foi encontrada relação linear entre a digestibilidade da matéria orgânica da forragem e a concentração de nitrogênio fecal, somente para as forragens anuais de estação fria ( $r^2 = 0,81$ ).

Oliveira et al. (2007) encontraram valores de  $r^2 = 0,24$  e  $0,020$  entre o nitrogênio fecal (g/kg MO) e a digestibilidade da matéria orgânica para os dados compilados de oito dietas e de um único tipo de dieta, respectivamente. Para esta mesma relação, David et al. (2008) encontraram um valor de  $r^2 = 0,070$  para ovinos recebendo níveis de azevém.

A baixa precisão na estimativa linear da digestibilidade por meio do conteúdo de nitrogênio fecal encontrado pelos autores acima e no presente trabalho, possivelmente tenha ocorrido pela grande interferência do nitrogênio de origem endógena (descamação) no nitrogênio fecal total; a variação de peso dos animais também contribuiu para aumentar a variabilidade na excreção de nitrogênio fecal, levando a uma baixa relação entre a digestibilidade da matéria orgânica e o conteúdo de nitrogênio fecal e também porque os dois pressupostos básicos do uso de nitrogênio fecal como indicador estão atuando simultaneamente.

A confiabilidade do método do nitrogênio fecal depende da variação do número de observações dos experimentos de digestibilidade *in vivo* bem como do modelo de regressão aplicado. Boval et al. (2003) utilizaram função inversa e quadrática para descrever a relação entre DMO da forragem e concentração de N fecal. Lukas et al. (2005) encontraram que um modelo exponencial fatorial foi mais acurado para predição DMO do que os modelos inverso e quadrático.

Ospina e Prates (2000), utilizando 161 observações individuais sobre digestibilidade da matéria orgânica de forragens utilizadas no Rio Grande do Sul, ajustaram os dados de digestibilidade da matéria orgânica (DMO) e nitrogênio fecal (NF, %MO) a um modelo hiperbólico do tipo  $Y = a + b/X$ . O ajuste dos dados ao modelo gerou a equação:  $DMO = 0,8163 - 0,4097/NF$  ( $r^2=0,73$ ;  $epe=0,044$ ). As estimativas feitas com a equação mostraram ser precisas para estimar a digestibilidade da matéria orgânica sugerindo sua possível utilização em condições práticas.

Os parâmetros  $a$  e  $b$  estimados pela equação  $DMO = 0,7892 - 0,3833 \exp [(-0,5264PB (g/kg MO))/100]$  para todas as forragens foram significativos ( $P<0,05$ ) e não foi observado efeito do tipo de forragem na digestibilidade da matéria orgânica ( $P=0,2586$ ). O erro de predição médio (EPM), foi de 0,02559, indicando que a equação se ajustou bem aos dados. A equação levemente subestima a digestibilidade da MO com uma variação média de -0,0000019, representando  $3,61E-12$  do erro de predição quadrático médio total. A diferença entre a digestibilidade da matéria orgânica estimada e observada foi causada principalmente pela variação aleatória (0,0006376), indicando que a equação desenvolvida pode ser usada com bastante precisão para estimar a digestibilidade das forragens consumidas por ruminantes no Rio Grande do Sul.

Nas equações obtidas por grupo de forragens, a variação média entre a digestibilidade da MO estimada e observada foi baixa variando de -0,0000282 – 0,005482 e a variação residual das diferenças também foi causada principalmente pela variação aleatória da equação de regressão (0,0000341 – 0,002371), enquanto que a contribuição da variação média e da variação da inclinação da reta de regressão na variação residual foram relativamente baixas. Os EPM também foram baixos, variando de 0,02594 – 0,04905, indicando que estas equações por grupo de forragens também podem ser utilizadas com alta precisão para a predição da



digestibilidade da matéria orgânica das forragens.

Wang et al (2009) utilizando dados de experimentos de digestibilidade in vivo conduzidos com ovinos (721 observações de nove tipos de dietas), encontraram que os parâmetros estimados pela equação foram significativos ( $P < 0,05$ ) e que não houve efeito aleatório do tipo de dieta. O erro de predição médio foi baixo (0,071) e a diferença entre a digestibilidade da matéria orgânica estimada e observada foi causada principalmente pela variação aleatória (0,899), o que indicou que a equação foi adequada para prever a DMO das forragens consumidas por ovinos em pastagens heterogêneas.

As equações obtidas neste trabalho foram melhores em relação à do autor citado anteriormente, devido a maior variabilidade dos dados de digestibilidade utilizados neste trabalho, abrangendo diferentes espécies de forragens com digestibilidade e ciclo de produção variados, cultivadas no Rio Grande do Sul e utilizadas na alimentação de ruminantes.

Portanto, a equação geral, obtida com todas as forragens pode ser utilizada com excelente precisão para estimar a digestibilidade da matéria orgânica da forragem consumida por ruminantes nas condições do Rio Grande do Sul.

## **5. Conclusão**

O nitrogênio fecal pode ser utilizado com alta precisão para estimar o consumo e a digestibilidade em ruminantes.

O modelo de regressão linear foi adequado para estimar o consumo, enquanto que o modelo de regressão não linear foi o mais adequado para estimar a digestibilidade das forragens utilizadas na alimentação de ruminantes no Rio Grande do Sul.

## Referências

AOAC, 1990. Official methods of analysis, 15th ed. Association of Official Analytical Chemists Inc., Arlington, VA, USA.

Boval, M., Archimede, H., Fleury, J., Xande, A., 2003. The ability of faecal nitrogen to predict digestibility for goats and sheep fed with tropical forage. *J. Agric. Sci.* 140, 443–450.

Boval, M., Peyraud, J.L., Xande, A., Aumont, G., Coppry, O., Saminadin, G., 1996. Evaluation of faecal indicators to predict digestibility and voluntary intake of *Dichanthium* spp. by cattle. *Ann. Zootech.* 45, 121-134.

Carvalho, P.C. de F., Kozloski, G.V, Ribeiro Filho, H.M.N., Reffatti, M.V., Genro, T.C.M., Euclides, V.P.B., 2007. Avanços metodológicos na determinação do consumo de ruminantes em pastejo. *Rev. Bras. Zootec.* 36, 151-170.

David, D.B., Azevedo, E.B., Poli, C.H.E.C., Carvalho, P.C.F., Nörnberg, J.L., Fernandes, S.R., Adami, P.F., 2008. Relação entre o consumo e o nitrogênio fecal de ovinos consumindo azevém. In: XLV Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, Lavras, Brasil. SBZ Editions, Lavras, Brasil. CD ROM.

Le Du, Y.L.P., Penning, P.D., 1982. Animal based techniques for estimating forage intake. In: Leaver, J.D. (Ed.), *Forage Intake Handbook*. The British Grassland Society, Hurley, Maidenhead, Berkshire, UK, pp. 37–75.

Lukas, M., Südekum, K.H., Rave, G., Friedel, K., Susenbeth, A., 2005. Relationship between faecal crude protein concentration and diet organic matter digestibility in cattle. *J. Anim. Sci.* 83, 1332–1344.

Mertens, D.R., 1994. Regulation of forage intake. In: Fahey, G.C. (Ed.), Forage Quality, Evaluation and Utilization. American Society of Agronomy, Madison, WI, USA, pp. 450-493.

Oliveira, L., Kozloski, G.V.; Chiesa, A.R., Härter, C.J., Lima, L.D.L., Júnior, R.L.C. 2007. Uso do nitrogênio fecal para estimar consumo por ruminantes: uma abordagem ensaios de digestibilidade com ovinos. XLIVth Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, Jaboticabal, Brasil. SBZ Editions, Jaboticabal, Brasil. CD ROM.

Ospina, H.P., Prates, E.R., 2000. Estimación da digestibilidade de forragens através do nitrogênio fecal. In: XVI Reunion da Asociacion Latinoamericana de Produccion Animal, Montevideo, Uruguai. ALPA Editions, Montevideo, Uruguai. CD ROM.

Rook, A.J., Dhanoa, M.S., Gill, M., 1990. Prediction of the voluntary intake of grass silages by beef cattle. 3. Precision of alternative prediction models. Anim. Prod. 50, 455–466.

Prates, E.R., 2007. Técnicas de Pesquisa em Nutrição Animal, primeira ed. Porto Alegre, Rio Grande do Sul.

SAS, 2003. Statistical Analysis Systems Institute. Version 9.5. SAS Institute Inc., Cary, NC.

Streeter, C.L., 1969. A review of techniques used to estimate the in vivo digestive of grazed forages. J. Anim. Sci. 29, 757–768.

Wang, C.J., Tas, B.M., Glindemann, T., Rave, G., Schmidt, L., Weibbach, F., Susenbeth, A., 2009. Fecal Crude Protein content as estimate for the digestibility of forage in grazing sheep. Anim. Feed Sci. Technol. 149, 199-208.

Tabela 1 Composição química das forragens em experimentos de digestibilidade conduzidos com ovinos (valores são a amplitude das variáveis).

Forragem	Tipo de volumoso	CMS (kg/dia)	CMO (kg/dia)	Composição química (%MS)				DMO (%)	PB (g/kg de MO fecal)	Ciclo <sup>1</sup>
				MS	MO (%)	PB (%)	Energia (kcal)			
<i>Medicago sativa</i>	Feno	0,332-1,601	0,298-1,427	87,5-93,53	87,53-97,28	17,08-23,09	4356,3	52,97-75,12	116,25-201,00	PEQ
<i>Oryza sativa</i>	Palha	0,478-0,648	0,383-0,519	86,39	80,09	5,03	3769	55,55-58,19	56,87-59,18	AEQ
<i>Avena sativa</i>	Feno	0,365-0,618	0,313-0,529	82,88	85,65	20,25	4443,73	71,52-78,18	171,37-186,68	AEF
<i>Lolium multiflorum</i> (Lm)	Palha	0,538-0,777	0,498-0,719	90,22	92,48	4,48		43,81-57,22	79,50-96,68	AEF
<i>Lm +trifolium repens</i> (Tr) + <i>Lotus corniculatus</i>	Feno	0,374-0,853	0,348-0,755	87,32	93,02	10,27	4295,4	65,73-68,12	119,81-124,37	AEF
<i>Campo nativo</i>	Feno	0,305-0,516	0,284-482	91,4	93,27	7,87	4135,96	45,38-47,44	77,5-84,37	PEQ
<i>Saccharum officinarum</i>	Bagaçó	0,0681-0,100	0,0670-0,098	94,68	98,33	1,29	4262,39	26,23-35,99	64,00-96,75	PEQ
<i>Holcus lanatus</i> (Hl)	Feno	0,254-0,403	0,236-0,375	85,16	93,11	6,54	4504,11	41,77-44,48	67,5-73,12	AEF
Hl+Lm+Tr	Feno	0,516-0,704	0,469-0,640	90,67	90,91	13,72	4100,04	42,81-50,60	97,50-119,62	AEF
<i>Eleusine indica</i>	Feno	0,435-0,821	0,396-0,772	86,05	91,15	8,06		58,77-62,73	74,25-83,12	AEQ
<i>Secale cereale</i>	Feno	0,416-0,816	0,364-0,715	80,66	87,6	19,37	4812,57	71,97-79,00	156,46-191,25	AEF
<i>Lotus corniculatus</i>	Feno	0,397-0,744	0,370-0,694	86,40-88,64	93,26-93,40	9,93-14,44	4466,98	46,56-60,20	76,25-138,12	PEF
<i>Desmodium spp +Chloris gayana</i> Kunth (CgK)	Feno	0,337-0,517	0,305-0,468	85,1	90,53	13,06	4280,41	59,43-65,15	123,12-140,00	PEQ
<i>Vigna unguiculata</i> (Vu)	Silagem	0,484-0,698	0,338-0,487	33,4	69,84	18,5	4493,85	51,22-59,76	148,12-152,50	AEQ
<i>Pennisetum americanum</i> (Pa)	Feno	0,317-0,739	0,284-0,674	86,12-90,62	89,46-92,62	5,46-10,36	3931,67-4296,46	60,34-68,49	80,62-145,00	AEQ
Pa+Vu	Feno	0,475-0,688	0,425-0,616	83,39	89,56	12,11	4369,85	66,15-68,29	129,06-148,43	AEQ
<i>Zea mays</i>	Silagem	0,345-0,670	0,328-636	33,6	94,97	6,36	4644,55	62,7-64,58	85,68-101,06	AEQ
<i>Pennisetum purpureum</i>	Feno	0,371-0,616	0,331-0,542	86,19-91,27	86,9-90,34	3,78-8,24		41,65-65,93	51,75-107,62	PEQ
<i>Digitaria decumbens</i> (Dd)	Feno	0,882-1,125	0,742-1,015	89,44	90,24	10,81	4183,74	62,55-68,15	101,5-117,81	PEQ
<i>Dd+desmodium spp.</i>	Feno	0,304-0,457	0,277-0,417	88,5	01,18	15,68	4395	55,45-58,42	135,62-147,5	PEQ
<i>Dd+macroptilium atropurpureum</i> (Ma)	Feno	0,383-0,503	0,347-0,455	85,96	90,51	16,62	4335,74	56,63-58,85	114,37-133,12	PEQ
<i>Chloris gayana</i> Kunth (CgK)	Feno	0,455-0,610	0,418-0,552	87,19-91,18	91,78-92,54	5,55-7,34	4416,30-4608,22	52,66-65,04	41,31-103,12	PEQ
CgK	Palha	0,212-0,288	0,204-0,271	89,17-93,77	93,55-94,78	4,96-5,68	4071,38-4352,22	38,66-46,68	74,37-87,5	PEQ
CgK+Ma	Feno	0,282-0,334	0,225-0,302	88,69	90,35	12,75	4317,69	54,6-61,79	116,87-127,5	PEQ
<i>Setária sphacelata</i>	Feno	0,103-0,932	0,0917-0,825	91,41-93,62	88,6-94,20	3,94-6,47		34,5-67,38	53,93-111,62	PEQ
<i>Glycyne max</i> (Gm)	Palha	0,124-0,350	0,121-0,331	86,72-93,53	94,78-97,52	3,75-8,78	4365,78	19,57-47,15	56,25-140,81	PEQ
Gm+ <i>Medicago sativa</i>	Feno/palha	0,117-0,445	0,114-0,412	89,97-93,16	92,51-97,52	13,74		19,5-69,32	67,93-148,62	PEQ
<i>Sudax</i>	Feno	0,414-0,632	0,347-0,572	85,52-90,27	85,44-90,47	10,05-16,75	3866,95-4209,99	57,68-64,63	119,37-193,12	AEF
<i>Triticum vulgare</i> Vill.	Palha	0,430-568	0,353-0,466	88,54	82,11	3,93	4371,75	37,48-47,00	58,56-63,62	AEF

<sup>1</sup>Ciclo de produção, onde: PEQ = perene de estação quente; PEF = perene de estação fria; AEQ = anual de estação quente; AEF = anual de estação fria

Tabela 2

Relação entre o consumo de matéria orgânica (g/dia) e o nitrogênio fecal (g/dia) em ovinos, onde y = consumo de matéria orgânica e x = nitrogênio fecal

Grupos	Equação de regressão	r <sup>2</sup>	epe <sup>1</sup>	
	Todas as forragens	y= 199,01 + 11,54x	0,7279	7,25
Digesti- bilidade	Forragens de baixa digestibilidade	y= 76,27 + 17,01x	0,8404	9,47
	Forragens de média digestibilidade	y= 290,55 + 8,00x	0,4700	12,76
	Forragens de alta digestibilidade	y = 232,93 + 10,97x	0,7238	10,69
Tipo de volumoso	Palhas	y= 35,23 + 20,38x	0,8954	10,25
	Palhas + bagaço de cana	y= 29,12 + 20,67x	0,9222	9,05
	Fenos e silagens de gramíneas	y= 203,81 + 13,42x	0,5222	9,81
	Fenos de espécies consorciadas	y=61,86 + 15,58x	0,8325	11,27
	Todas as forragens exceto silagens	y= 192,55 + 11,96x	0,7624	6,95
	Todas as forragens exceto leguminosas	y=156,66 + 15,38x	0,6219	8,39
Ciclo de produção	Forragens anuais de estação fria	y= 148,43 + 14,18	0,7204	13,73
	Forragens anuais de estação quente	y = 355,28 + 4,60x	0,2309	11,21
	Forragens perenes de estação fria	y= 215,03 + 12,13x	0,9380	11,59
	Forragens perenes de estação quente	y= 178,85 + 12,14x	0,7807	10,37

<sup>1</sup>Erro padrão da estimativa

Tabela 3

Relação entre a digestibilidade da matéria orgânica (%) e o nitrogênio fecal (g/kg MO) em ovinos, onde  $y$  = digestibilidade da matéria orgânica e  $x$  = nitrogênio fecal

Grupos		Equação regressão	$r^2$	epe <sup>1</sup>
	Todas as forragens	$y = 0,3961 + 0,0092x$	0,3623	0,0055
Digesti- bilidade	Forragens de baixa digestibilidade	$y = 0,3833 + 0,0025x$	0,0083	0,011
	Forragens de média digestibilidade	$y = 0,5374 + 0,0009x$	0,0500	0,003
	Forragens de alta digestibilidade	$y = 0,5800 + 0,0034x$	0,2652	0,003
Tipo de volumoso	Palhas	$y = 0,4130 - 0,0027x$	0,0055	0,018
	Palhas + bagaço de cana	$y = 0,4099 - 0,0018x$	0,0020	0,018
	Fenos e silagens de gramíneas	$y = 0,4529 + 0,0142x$	0,5760	0,005
	Fenos de espécies consorciadas	$y = 0,3769 + 0,0103x$	0,2129	0,012
	Todas as forragens exceto silagens	$y = 0,3779 + 0,0018x$	0,4079	0,005
	Todas as forragens exceto leguminosas	$y = 0,4078 + 0,01755x$	0,5910	0,005
Ciclo de produção	Forragens anuais de estação fria	$y = 0,2661 + 0,0153x$	0,8185	0,010
	Forragens anuais de estação quente	$y = 0,6259 + 0,0003x$	0,0033	0,005
	Forragens perenes de estação fria	$y = 0,3849 + 0,0082x$	0,6051	0,009
	Forragens perenes de estação quente	$y = 0,3525 + 0,0112x$	0,4096	0,007

<sup>1</sup>erro padrão da estimativa

Tabela 4

Parâmetros estimados pela equação de regressão não linear para digestibilidade da matéria orgânica

Grupos	Parâmetro	Parâmetro estimado					95% IC	
		Estimado	EP	GL	Valor t	Pr>t	Inferior	Superior
Todas as forragens								
	a	0,7892	0,1990	26	3,97	0,0005	0,3802	1,1982
	b	0,3833	0,1490	26	2,57	0,0162	0,07696	0,6897
	c	0,5264	0,5349	26	0,98	0,3341	-0,5731	1,6259
	S <sup>2</sup>	0,0030	0,00030	26	10,15	<0,0001	0,00246	0,0037
	S <sup>2</sup> <sub>u</sub>	0,0074	0,00645	26	1,15	0,2586	-0,00581	0,02072

EP = erro padrão; GL = graus de liberdade; IC = intervalo de confiança; a, b e c são parâmetros de efeito constante; S<sup>2</sup> = variância do erro residual; S<sup>2</sup><sub>u</sub> = variância do parâmetro de efeito aleatório.

Tabela 5

Parâmetros estimados pela equação de regressão não linear para a digestibilidade da matéria orgânica

Grupos	Parâmetro	Parâmetro estimado					95% de IC		
		Estimado	EP	GL	Valor t	Pr>t	Inferior	Superior	
Forragens de média digestibilidade									
Digesti- bilidade	a	0,6271	0,1301	13	4,82	0,0003	0,3461	0,9081	
	b	0,1125	0,1100	13	1,02	0,3248	-0,1250	0,3501	
	c	0,4564	0,9286	13	0,49	0,6312	-1,5497	2,4625	
	S <sup>2</sup>	0,000472	0,000104	13	4,52	0,0006	0,000247	0,000698	
	S <sup>2</sup> <sub>u</sub>	-111E-14	0,000672	13	-0,00	1,0000	-0,00145	0,001452	
	Forragens de alta digestibilidade								
	a	0,7726	0,04772	12	16,19	<0,0001	0,6686	0,8766	
	b	0,2086	0,02318	12	9,00	<0,0001	0,1581	0,2591	
	c	0,5881	0,2249	12	2,61	0,0226	0,09797	1,0782	
	S <sup>2</sup>	0,000844	0,000136	12	6,22	<0,0001	0,000548	0,001139	
S <sup>2</sup> <sub>u</sub>	-111E-14	0,008345	12	-0,00	1,0000	-0,01818	0,01818		
Palhas									
a	0,5062	0,1198	3	4,23	0,0242	0,1250	0,8874		
b	0,8853	3,3216	3	0,27	0,8071	-9,6854	11,4560		
c	4,3807	8,7025	3	0,50	0,6493	-23,314	32,0758		
S <sup>2</sup>	0,00174	0,00579	3	3,00	0,0575	-0,0001	0,003584		
S <sup>2</sup> <sub>u</sub>	0,7172	7,2801	3	0,09	0,9327	-24,169	25,6041		
Palhas + bagaço de cana									
a	0,8944	0,08794	4	10,17	0,0005	0,6503	1,1386		
b	0,6453	0,2406	4	2,68	0,0551	-0,0227	1,3134		
c	0,5752	0,03398	4	16,93	<0,0001	0,4809	0,6695		
S <sup>2</sup>	0,008313	0,004445	4	1,87	0,1348	-0,0040	0,02065		
S <sup>2</sup> <sub>u</sub>	-111E-14	0,02105	4	-0,00	1,0000	-0,0584	0,05844		
Fenos e silagens de gramíneas									
a	0,6528	0,02681	11	24,25	<0,0001	0,5938	0,7118		
b	0,8317	0,6161	11	1,35	0,2041	-0,5249	2,1877		
c	2,9109	1,2910	11	2,25	0,0455	0,06932	5,7524		
S <sup>2</sup>	0,001855	0,000257	11	7,22	<0,0001	0,00129	0,0024		
S <sup>2</sup> <sub>u</sub>	0,2049	0,3767	11	0,54	0,5972	-0,6241	1,0340		
Tipo de volumoso	Fenos de espécies consorciadas								
	a	0,7001	0,09927	5	7,05	0,0009	0,4449	0,9552	
	b	0,7619	0,4649	5	1,64	0,1622	-0,4332	1,9571	
	c	1,6487	1,1951	5	1,38	0,2262	-1,4233	4,7207	
	S <sup>2</sup>	0,00060	0,000201	5	3,03	0,0291	0,00009	0,00112	
	S <sup>2</sup> <sub>u</sub>	0,1016	0,2940	5	0,35	0,7439	-0,6543	0,8574	
	Todas as forragens exceto silagem								
	a	0,7851	0,2024	25	3,88	0,0007	0,3683	1,2018	
	b	0,3861	0,1477	25	2,61	0,0149	0,08189	0,6904	
	c	0,5392	0,5630	25	0,96	0,3473	-0,6202	1,6987	
S <sup>2</sup>	0,003173	0,000319	25	9,16	<0,0001	0,002517	0,003830		
S <sup>2</sup> <sub>u</sub>	0,007158	0,006395	25	1,12	0,2736	-0,00601	0,02033		
Todas as forragens exceto leguminosas									
a	0,7991	0,1716	16	4,66	0,0003	0,4352	1,1630		
b	0,4149	0,1361	16	3,05	0,0077	0,1263	0,7035		
c	0,6032	0,4881	16	1,24	0,2344	-0,4316	1,6380		
S <sup>2</sup>	0,003043	0,000388	16	7,84	<0,0001	0,002220	0,003866		
S <sup>2</sup> <sub>u</sub>	0,008631	0,009279	16	0,93	0,3661	-0,01104	0,02830		
Forragens anuais de estação fria									
Ciclo de produção	a	0,8850	0,1391	5	6,36	0,0014	0,5273	1,2426	
	b	0,8924	0,1530	5	5,83	0,0021	0,4991	1,2856	
	c	1,0131	0,5300	5	1,91	0,1142	-0,3494	2,3755	
	S <sup>2</sup>	0,001144	0,000347	5	3,90	0,0216	0,000252	0,002037	
	S <sup>2</sup> <sub>u</sub>	0,007128	0,01773	5	0,40	0,7042	-0,03844	0,04070	

EP = erro padrão; GL = graus de liberdade; IC = intervalo de confiança; a, b e c são parâmetros de efeito constante; S<sup>2</sup> = variância do erro residual; S<sup>2</sup><sub>u</sub> = variância do parâmetro de efeito aleatório.



Tabela 6

Comparação entre a digestibilidade da matéria orgânica estimada  $DMO = 0,7892 - 0,3833 \exp [(-0,5264PB (g/kg MO))/100]$  e a observada usando os métodos do erro de predição quadrático médio (EPQM) e do erro de predição médio (EPM).

Grupo	Digestibilidade da MO			EPM	Proporção do EPQM		
	Estimada	Observada	Varição média		Varição média	Varição inclinação	Varição aleatória
	Todas as forragens						
	0,5803290	0,5803309	-0,0000019	0,02559	3,61E-12	1,766E-05	0,0006367
	Forragens de média digestibilidade						
Digesti- bilidade	0,5553013	0,5553295	-0,0000282	0,01303	7,95E-10	2,38E-05	0,000146
	Forragens de alta digestibilidade						
	0,6603898	0,6593206	0,0010692	0,01926	1,14E-06	3,66E-06	0,000366
	Palhas						
	0,4672772	0,4672773	-0,0000001	0,02073	1E-14	3,64E-05	0,000394
	Palhas + bagaço de cana						
	0,4394570	0,4339750	0,005482	0,049050	3,01E-05	5,36E-06	0,002371
	Fenos e silagens de gramíneas						
Tipo de volumoso	0,5963491	0,5963491	0	0,01838	0	2,35E-05	0,000338
	Fenos de espécies consorciadas						
	0,5919654	0,5919654	0	0,006457	0	7,55E-06	0,0000341
	Todas as forragens exceto silagem						
	0,5795579	0,5795579	0	0,02594	0	1,82E-05	0,000655
	Todas as forragens exceto leguminosas						
	0,5693972	0,5693972	0	0,02660	0	2,22E-05	0,000686
Ciclo de produção	Forragens anuais de estação fria						
	0,5691881	0,5691879	0,0000002	0,007422	4E-14	3,56E-06	0,0000515

### **CAPÍTULO III**

## 1. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O nitrogênio fecal pode ser utilizado com alta precisão para estimar o consumo e a digestibilidade em ruminantes em pastejo quando se utiliza um modelo de regressão adequado.

As equações lineares obtidas neste trabalho foram melhores em relação às dos demais trabalhos publicados, provavelmente, devido ao grande número de dados de digestibilidade utilizados neste trabalho, abrangendo diferentes espécies de forragens com digestibilidade e ciclo de produção variados, cultivadas no Rio Grande do Sul e utilizadas na alimentação de ruminantes. Assim, essas equações obtidas são muito práticas para serem utilizadas nas condições do RS, embora, que ainda seja necessário quantificar a produção fecal total para estimar o consumo.

A relação entre o conteúdo de proteína bruta fecal e a digestibilidade da matéria orgânica não é linear, então, modelos não lineares devem ser usados, discordando do primeiro pressuposto. Este sugeria que uma menor digestibilidade do alimento resultasse em menores concentrações de nitrogênio fecal, já que a produção de fezes supostamente seria maior.

Neste trabalho conseguimos responder, juntamente com outros métodos para estimar digestibilidade, a uma demanda científica, a qual tem um cunho

tecnológico aplicado aos sistemas de produção de ruminantes.

Novos alimentos analisados no RS poderiam ser incluídos no banco de dados e com isto melhorar ainda mais as equações, principalmente para aquelas classificações que foram estudadas com poucas espécies de forragens.

## 2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- A.O.A.C. **Official Methods of Analysis**. 15 ed. Arlington: Association of official analytical chemist, 1990.
- ARTHUN, D.; HOLECHEK, J. L.; WALLACE, J. D.; CARDENAS, M.; GALYEAN, M. L. Relationships between diet and fecal characteristics of steers fed four different roughages In: PROCEEDINGS OF AMERICAN SOCIETY OF ANIMAL SCIENCE, 1982, Las Cruces. **Proceedings...** Las Cruces, 1982. p. 297-300.
- BERGEIM, O. Intestinal chemistry. IV. A method for the study of food utilization or digestibility. **The Journal of Biological Chemistry**, Bethesda, v. 70, p. 29-33, 1926.
- BOVAL, M.; ARCHIMEDE, H.; FLEURY, J.; XANDE The ability of faecal nitrogen to predict digestibility for goats and sheep fed with tropical forage. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 140, p. 443–450, 2003.
- BOVAL, M.; CRUZ, P.; LEDET, J. E.; COPPRY, O.; ARCHIMEDE, A. Effect of nitrogen on intake and digestibility of a tropical grass grazed by Creole heifers. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 138, p. 73–84, 2002.
- BOVAL, M.; CRUZ, P.; PEYRAUD, J. L.; PENNING, P. The effect of herbage allowance effect on daily intake by Creole heifers tethered on natural *Dichanthium* spp. pasture. **Grass and Forage Science**, Oxford, v. 55, p. 201–208, 2000.
- BOVAL, M.; PEYRAUD, J. L.; XANDE, A. Effect of nocturnal enclosing and splitting offered area on herbage intake of tethered Creole heifers. **Annales de Zootechnie**, Versailles, v. 45, p. 219–231, 1996b.
- BOVAL, M.; PEYRAUD, J. L.; XANDE, A., AUMONT, G.; COPPRY, O.; SAMINADIN, G. Evaluation of faecal indicators to predict digestibility and voluntary intake of *Dichanthium* spp. by cattle. **Annales de Zootechnie**, Versailles, v. 45, p. 121-134, 1996a.
- BRADLEY, N.; WOOLFOLK, P. G.; STEPHENS, N.; GRAINGER, R. B.; TEMPLETON, W. C. Chromogen and protein excretion by wethers grazing fescue and ladino-alfalfa pastures. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 15, p.1279, 1956.
- BRISSON, G. J.; ANGUS, W. I.; SYLVESTER, P. E. Plant pigments as internal indicators of digestibility of dry matter of pasture herbage. **Canadian Journal of Agricultural Science**, Ottawa, v. 34, p. 528, 1954.
- CARVALHO, P. C. de F.; KOZLOSKI, G. V; RIBEIRO FILHO, H. M. N.; REFFATTI,

- M. V.; GENRO, T. C. M.; EUCLIDES, V. P. B. Avanços metodológicos na determinação do consumo de ruminantes em pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 36, p. 151-170, 2007.
- CHIBNALL, A. C.; PIPER, S. H.; POLLARD, A.; WILLIAMS, E. F.; SAHAI, P. N. The constitution of the primary alcohols, fatty acids and paraffins present in plant and insect waxes. **Biochemistry Journal**, London, v. 28, pt.6, p. 2189-2208, 1934.
- COOK, C. W.; HARRIS, J. E. A comparison of the lignin ratio technique and the chromogen method of determining digestibility and forage consumption of desert range plants by sheep. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 10, p. 565-573, 1951.
- CORDOVA, F. J.; WALLACE, J. D.; PIEPER, R. D. Forage intake by grazing livestock: a review. **Journal of Range Management**, Denver, v. 31, p. 430-438, 1978.
- CÔRTEZ, C.; DAMASCENO, J. C.; PAINE, R. C.; FUKUMOTO, N. M.; RÊGO, F. C. A.; CACATO, U. Uso de alcanos na estimativa da composição botânica em amostras com diferentes proporções de *Brachiaria brizantha* e *Arachis pintoi*. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 34, p. 1468-1474, 2005.
- DAVID, D. B.; AZEVEDO, E. B.; POLI, C. H. E. C.; CARVALHO, P. C. F.; NÖRNBERG, J. L.; FERNANDES, S. R.; ADAMI, P. F. Relação entre o consumo e o nitrogênio fecal de ovinos consumindo azevém. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 45., 2008, Lavras. **Anais...** Lavras, 2008. 1 CDROM.
- DEMARQUILLY, C.; JARRIGE, R. Panorama des méthodes de prévision de la digestibilité et de la valeur énergétique des fourrages. In: PREVISION de la valeur nutritive des aliments des ruminants. Versailles: INRA Publications, 1981. p. 41-59.
- DOVE, H. Using the n-alkanes of plant cuticular wax to estimate the species composition of herbage mixtures. **Australian Journal of Agricultural Research**, Victoria, v. 43, p. 1711-1724, 1992.
- DOVE, H.; MAYES, R. W. Satellite Meeting: Wild and Domestic Herbivore Diet Characterization. In: THE INTERNATIONAL SYMPOSIUM OF NUTRITION OF HERBIVORES, 6., 2003, Mérida. **Proceedings...** Mérida: UADY, 2003. p.88.
- FANCHONE, A.; ARCHIMÈDE, H.; BOVAL, M. Comparison of fecal crude protein and fecal near-infrared reflectance spectroscopy to predict digestibility of fresh grass consumed by sheep. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 87, p. 236-243, 2009.
- FORBES, R. M.; GARRIGUS, W. P. Some effects of forage composition on its

- nutritive value when cut and fed green to steers and wethers, as determined conventionally and by the lignin ratio. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 9, p. 531-539, 1950.
- GARRIGUS, W. P. The forage consumption of grazing steers. **Journal of Animal Science**, Madison, n. 1, p.66-69, 1935. (Record of Proceedings of the Twenty-Seventh Annual Meeting)
- GENRO, T. C. M.; PRATES, E. R.; CARDOSO, F. F.; SAN' THIAGO, L. R. L. Diet selection in a pasture of *Panicum maximum* cv. Mombaça with different stratum heights. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 10., 2005, Dublin. **Proceedings...** Dublin: Wageningen Academic Publishers, 2005.p.505.
- GREENHALGH, J. F. D.; CORBERTT, J. L.; McDONALD, I. The indirect estimation of the digestibility of pasture herbage. II. Regressions of digestibility on fecal nitrogen concentration: Their determination in continuous digestibility trials and the effect of various factors on their accuracy. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 55, p. 377-383, 1960.
- GREENHALGH, J. F. D.; CORBETT, J. L. The indirect estimation of the digestibility of pasture herbage. I. Nitrogen and chromogen as faecal index substances. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 55, p. 371-376, 1960.
- GREENHALGH, J. F. D.; REID, G. W.; McDONALD, I. The indirect estimation of the digestibility of pasture herbage. IV. Regressions of digestibility of faecal nitrogen concentration: effects of different fractions of the herbage upon within- and between period regressions. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 66, p. 277-283, 1966.
- HARRIS, L. E.; COOK, C. W.; BUTCHER, J. E. Symposium on forage evaluation. V. Intake and digestibility techniques and supplemental feeding in range forage evaluation. **Agronomy Journal**, Madison, v. 51, p. 226-234, 1959.
- HOBBS, N. T. Fecal indices to dietary quality: a critique. **Journal of Wildlife Management**, Bethesda, v. 51, p. 317-321, 1987.
- HOLECHEK, J. L.; GALYEAN, M. L.; WOFFORD, H.; ARTHUN, D.; WALLACE, J. D. Relationship between forage intake and fecal physical characteristics. **Nutrition Reports International**, Los Altos, v. 32, p. 1294-1300, 1985.
- HOLECHEK, J. L.; VAVRA, M.; ARTHUN, D. Relationships between performance, intake, diet nutritive quality and fecal nutritive quality of cattle on mountain range. **Journal of Range Management**, Denver, v. 35, p. 741-744, 1982b.
- HOLECHEK, J. L.; VAVRA, M.; PIEPER, R. D. Methods for determining the nutritive quality of range ruminant diets: a review. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 54, p. 364-376, 1982a.

- HOLLOWAY, J. W.; ESTELL, R. E.; BUTTS, T. W. Relationship between fecal components and forage consumption and digestibility. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 52, p. 836-848, 1981.
- JEFFERY, H. Assessment of faecal nitrogen as an index for estimating digestibility and intake of food by sheep on Pennisetum clandestinum based pastures. **Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry**, Melbourne, v. 11, p. 393-396, 1971.
- JONES, L. H. P.; HANDRECK, K. A. The relation between the silica content of the diet and the excretion of silica by sheep. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 65, p. 129-134, 1965.
- KANE, E. A.; ELY, R. E.; JACOBSEN, W. C.; MOORE, J. A. A comparison of various digestion trial techniques with dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 36, p. 325-333, 1953.
- KANE, E. A.; JACOBSEN, W. C. An improved method of using plant pigments as an indicator of digestibility. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 37, p. 672, 1954. (Abstr.).
- KING, E. J.; STACY, B. D.; HOLT, P. F.; YATES, D. M.; PICKLES, D. The colorimetric determination of silicon in the micro-analysis of biological material and mineral dusts. **Analyst**, London, v. 80, p. 441-453, 1955.
- KUMARA MAHIPALA, M. B. P.; KREBS, G. L.; McCAFFERTY, P.; DODS, K.; SURIYAGODA, B. M. L. D. B. Faecal indices predict organic matter digestibility, short chain fatty acid production and metabolizable energy content of browse-containing sheep diets. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 154, p. 68-75, 2009.
- LACA, E. A.; DEMMENT, M. W. Modelling intake of a grazing ruminant in a heterogeneous environment. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON VEGETATION/HERBIVORE RELATIONSHIPS. **Proceedings...** Academic Press, 1992. p.57-76.
- LAMBOURNE, L. J.; REARDON, T. F. The use of chromium oxide and faecal nitrogen concentration to estimate the pasture intake of Merino wethers. **Australian Journal of Agricultural Research**, Victoria, v. 14, p. 257-271, 1963.
- LANCASTER, R.J. Estimation of digestibility of grazed pasture from faeces nitrogen. **Nature**, London, v. 163, p. 330-331, 1949.
- LANGLANDS, J. P.; CORBETT, J. L.; McDONALD, I. The indirect estimation of the digestibility of pasture herbage. III. Regressions of digestibility of faecal nitrogen concentration: effects of species and individuality of animal and of the method of determining digestibility upon the relationship. **Journal of Agricultural**



- Science**, Cambridge, v. 61, p. 221-225, 1963.
- Le Du, Y.L.P.; PENNING, P.D. Animal based techniques for estimating forage intake. In: LEAVER, J.D. (Eds.) **Forage Intake Handbook**. The British Grassland Society: Hurley, Maidenhead, Berkshire, UK, 1982. p. 37–75.
- LEITE, E. R.; STUTH, J. W. Value of multiple fecal indices for predicting the diet quality and intake of steers. **Journal of Range Management**, Denver, v. 43, p. 139-143, 1990.
- LUKAS, M.; SÜDEKUM, K. H.; RAVE, G.; FRIEDEL, K.; SUSENBETH, A. Relationship between fecal crude protein concentration and diet organic matter digestibility in cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 83, p. 1332–1344, 2005.
- MASON, V. C. Some observations on the distribution and origin of nitrogen in sheep faeces. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge v. 73, p. 99–111, 1969.
- McMANUS, W. R.; DUDZINSKI, M. L.; W.ARNOLD, G. W. Estimation of herbage intake from nitrogen, copper, magnesium and silicon concentrations in faeces. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 69, p. 263-268, 1967.
- MERTENS, D. R. Regulation of forage intake, In: FAHEY, G.C. (Eds.) **Forage quality, evaluation and utilization**. Washington: American Society of Agronomy, 1994. p. 450-493.
- MINSON, D. J. **Forage in ruminant nutrition**. San Diego: Academic Press, 1990.
- MINSON, D. J.; KEMP, C. D. Herbage and fecal N as indicators of herbage organic matter digestibility. **Journal of the British Grassland Society**, Aberystwyth, v. 16, p. 76-79, 1961.
- MOULD, E. D.; ROBBINS, C. T. Nitrogen metabolism in elk. **Journal of Wildlife Management**, Bethesda, v. 45, p. 323-334, 1981.
- NUNEZ-HERNANDEZ, G.; HOLECHEK, J. L.; ARTHUN, D.; TEMBO, A.; WALLACE, J. D.; GALYEAN, M. L.; CARDENAS, M.; VALDEZ, R. Evaluation of fecal indicators for assessing energy and nitrogen status of cattle and goats. **Journal of Range Management**, Denver, v. 45, p. 143-147, 1982.
- OLIVEIRA, L.; KOZLOSKI, G. V.; CHIESA, A. R. HÁRTER, C. J.; LIMA, L. D.; JÚNIOR, R. L. C. Uso do nitrogênio fecal para estimar consumo por ruminantes: uma abordagem ensaios de digestibilidade com ovinos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 44., 2007, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal, 2007. 1 CDROM.
- OSPINA, H. P.; PRATES, E. R. Estimación da digestibilidade de forragens através

- do nitrogênio fecal. In: REUNION DA ASSOCIACION LATINOAMERICANA DE PRODUCCION ANIMAL, 15.,2000, Montevideo. **Anais...** Montevideo : ALPA Editions, 2000. 1 CD ROM.
- PAZUR, J. H.; DeLONG, W. A. Pasture studies, XXVIII. Effect of lignin content and of stage of maturity of *dry* clover forage on the urinary excretion of aromatic acid by sheep. **Scientific Agriculture**, Toronto, v. 28, p. 39-46, 1948.
- PRATES, E. R. **Técnicas de pesquisa em nutrição animal** Porto Alegre: Ed. UFRGS, 2007.
- PRATES, E.R. **Nutritional evaluation of Pensacola Bahiagrass pasture by animal and laboratory techniques.** 1974, 158f. Dissertation (Ph.D. in Animal Science) - University of Florida, Gainesville,1974.
- RAYMOND, W. F. Evaluation of herbage for grazing. **Nature**, London, v. 161, p. 937-938, 1948.
- RAYMOND, W. F. Studies in the digestibility of herbage. III. The use of faecal collection and chemical analysis in pasture studies (a) Ratio and tracer methods. **Journal of the British Grassland Society**, Aberystwyth, v. 9, p. 61-82,1954.
- RAYMOND, W. F. The nutritive value of forages crops. **Advances in Agronomy**, San Diego, v. 21, p. 1-108, 1969.
- RAYMOND, W. F.; KEMP, C. D.; KEMP, A. W.; HARRIS, W. E. Studies in the digestibility of herbage. IV. The use of faecal collection and chemical analysis in pasture studies (b) Faecal index methods. **Journal of the British Grassland Society**, Aberystwyth, v. 9, p.69-82, 1954.
- REID, J. T. Indicator methods in herbage quality studies. In: PASTURE and Range Research Techniques. Ithaca: Comstock, 1962. p.45-56
- REID, J. T.; WOOLFOLK, P. G.; HARDISON, W.A.; MARTIN, C. M.; BRUNDAGE, A. L.; KAUFMAN, R. W. A procedure for measuring the digestibility of pasture forage under grazing conditions. **Journal of Nutrition**, Philadelphia, v.46, p. 255-269, 1952.
- RICHARDS, C. R., HAENLEIN, G. F. W.; CROTHERS, W. G. The effect of forage ash and low chromogen levels of feces upon the determination of digestibility by fecal chromogen method. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 18, p. 683-689, 1959.
- RICHARDS, C. R.; REID, J. T. The use of methoxyl group in forage and fecal materials as an index of the feeding value of forages. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 35, p. 595-602, 1952.

- ROBBINS, C. T. **Wildlife feeding and nutrition**. New York: Academic Press, 1983.
- ROOK, A. J.; DHANOA, M. S.; GILL, M. Prediction of the voluntary intake of grass silages by beef cattle. 3. Precision of alternative prediction models. **Animal Production**, Bletchley, v. 50, p. 455–466, 1990.
- ROOK, A.J. Principles of foraging and grazing behaviour. In: HOPKINS, A. (Eds.). **Grass, its production and utilization**. Oxford : Blackwell, 2000. p.229-246.
- SAS (Statistical Analysis Systems) Version 9.5. Cary, NC: SAS Institute Inc, 2003.
- SCALES, G.H.; STREETER, C. L.; DENHAM, A. H.; WARD, G. M. A comparison of indirect methods of predicting in vivo digestibility of grazed forage. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 38, p. 192-198, 1974.
- SCHLECHT, E.; SUSENBETH, A. Estimating the digestibility of Sahelian roughages from faecal crude protein concentration of cattle and small ruminants **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, Berlin, v. 90, p. 369–379, 2006.
- SCHWARM, A.; SCHWEIGERT, M.; ORTMANN, S.; HUMMEL, L.; JANSSENS, G. P. J.; STREICH, W. J.; CLAUSS, M. No easy solution for the fractionation of faecal nitrogen in captive wild herbivores: results of a pilot study. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, Berlin, v. 93, p. 596–605, 2008
- SONI, B. K.; MURDOCK, F. R.; HUDGSON, A. S.; BLOSSER, T. H.; MAHANTA, K. C. Diurnal variation in the estimates of digestibility of pasture forage using plant chromogens and fecal-nitrogen as indicators. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 13, p. 474-479,1954.
- SQUIRES, V. R.; SEIBERT, B. D. Botanical and chemical components of the diet and live weight change in cattle on semi-desert rangeland in central Australia. **Australian Rangeland Journal**, Armidale, v. 5, n.1, p. 28-34, 1983.
- STALLCUP, O. T.; DAVIS, G. V.; SHIELDS, L. Influence of dry matter and nitrogen intake on fecal nitrogen losses in cattle. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 58, p. 1301-1307, 1975.
- STREETER, C. L. A review of techniques used to estimate the in vivo digestive of grazed forages. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 29, p. 757–768, 1969.
- STUTH, J.W.; KAPES, E.D.;LYONS, R.K. Use of near infrared spectroscopy to access nutritional status of cattle diets on rangeland. In: International Grassland Congress, 16, 1989, Nice, França. **Proceedings...** International Grassland Congress Press , 1989. p. 889-890.

- THOMAS, S.; CAMPLING, R. C. Relationship between digestibility and faecal nitrogen in sheep and cows offered herbage *ad libitum*. **Journal of the British Grassland Society**, Aberystwyth, v. 31, p. 69–72, 1976.
- VALLENTINE, J. F. Use of indicator methods in range digestion trials. A review. **Journal of Range Management**, Denver, v. 9, p. 235-239, 1956.
- VAN DYNE, G. M.; MEYER, J. H. Forage intake by cattle and sheep on dry annual range. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 23, p. 1108-1115, 1964.
- VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. New York: Cornell University Press, 1994. 476p.
- WANG, C. J.; TAS, B .M.; GLINDEMANN, T.;RAVE, G.; SCHMIDT, L.; WEIBBACH, F.; SUSENBETH, A. Fecal Crude Protein content as estimate for the digestibility of forage in grazing sheep. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam v.149, p. 199-208, 2009.
- WEHAUSEN, J. D. Fecal measures of diet quality in wild and domestic ruminants. **Journal of Wildlife Management**, Bethesda, v. 59, p. 816-823, 1995.
- WOFFORD, H.; HOLECHEK, J. L.; GALYEAN, M. L.; WALLACE, J. D.; CARDENAS, M. Evaluation of fecal indices to predict cattle diet quality. **Journal of Range Management**, Denver, v. 38, p. 450-545, 1985.
- WOOLFOLK, P. G.; RICHARDS, C. R.; KAUFMANN, R. W.; MARTIN, C. M.; REID, J. T. A comparison of fecal nitrogen excretion rate, chromium oxide and "chromogen(s)" methods for evaluating forages and roughages. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 33, p. 385, 1950. (Abstr.).

### **3. APÊNDICES**

**APÊNDICE 1:** Normas da Revista Feed Science and Technology utilizadas na elaboração do Capítulo II

# Animal Feed Science and Technology

## An International Scientific Journal Covering Research on Animal Nutrition, Feeding and Technology



ISSN: 0377-8401

Imprint: ELSEVIER

### Guide for Authors

An International Scientific Journal Covering Research on Animal Nutrition, Feeding and Technology

#### **INTRODUCTION**

- [Types of paper](#)
- [Contact details for submission](#)
- [Page charges](#)

#### **BEFORE YOU BEGIN**

- [Ethics in Publishing](#)
- [Policy and ethics](#)
- [Conflict of interest](#)
- [Submission declaration](#)
- [Copyright](#)
- [Retained author rights](#)
- [Role of the funding source](#)

- [Funding body agreements and policies](#)
- [Language and language services](#)
- [Submission](#)
- [Referees](#)

#### **PREPARATION**

- [Article Structure](#)
- [Discussion](#)
- [Essential title page information](#)
- [Abstract](#)
- [Keywords](#)
- [Abbreviations](#)
- [Acknowledgements](#)

- [Nomenclature and units](#)
- [Math formulae](#)
- [Artwork](#)
- [Tables](#)
- [References](#)
- [Supplementary and multimedia data](#)
- [Submission checklist](#)
- [Additional Information](#)
- AFTER ACCEPTANCE**
- [Use of the Digital Object Identifier](#)
- [Proofs](#)
- [Offprints](#)
- AUTHOR INQUIRIES**



## Introduction

### **Types of paper**

1. Original Research Papers (Regular Papers)
2. Review Articles
3. Short Communications
4. Book Reviews

*Original Research Papers* should report the results of original research. The material should not have been previously published elsewhere, except in a preliminary form.

*Review Articles* should cover subjects falling within the scope of the journal which are of active current interest.

A *Short Communication* is a concise but complete description of a limited investigation, which will not be included in a later paper. Short Communications should be as completely documented, both by reference to the literature and description of the experimental procedures employed, as a regular paper. They should not occupy more than six printed pages (about 12 manuscript pages, including figures, tables and references).

*Book Reviews* will be included in the journal on a range of relevant books which are not more than two years

old. Book reviews will be solicited by the Book Review Editor. Unsolicited reviews will not usually be accepted, but suggestions for appropriate books for review may be sent to the Book Review Editor:

Professor G. Flachowsky  
Federal Research Centre of Agriculture  
Institute of Animal Nutrition  
Bundesallee 50  
D-38116 Braunschweig  
Germany

Manuscripts describing the use of commercial feed products are welcome, but should include the following information: major components, contents of active ingredients (for example enzyme activities). Independent verification, as opposed to a manufacturer's guarantee, is always desirable and often avoids difficulties in the review process, especially where there are no, or few, treatment impacts. The Editors reserve the right to reject any manuscript employing such products, wherein this information is not disclosed.

Submissions concerning feedstuff composition are welcome when published and/or accepted analytical procedures have been employed. However, unusual feedstuffs and/or a wide range of data are pre-requisites. Submissions concerning NIRS may be suitable when more accurate, precise or robust equations are presented. Mathematical, technical and statistical advancement, may constitute the foundation for acceptance. For more details see the editorial in Vol. 118/3-4.

#### Contact details for submission

Authors should send queries concerning the submission process or journal procedures to [AuthorSupport@elsevier.com](mailto:AuthorSupport@elsevier.com). Authors can determine the status of their manuscript within the review procedure using Elsevier Editorial System.

#### Page charges

This journal has no page charges.



### Before You Begin

#### Ethics in Publishing

For information on Ethics in Publishing and Ethical guidelines for journal publication see <http://www.elsevier.com/publishingethics> and <http://www.elsevier.com/ethicalguidelines>.

#### Policy and ethics

The work described in your article must have been carried out in accordance with *The Code of Ethics of the World Medical Association (Declaration of Helsinki) for experiments involving humans* <http://www.wma.net/e/policy/b3.htm>; *EC Directive 86/609/EEC for animal experiments* [http://ec.europa.eu/environment/chemicals/lab\\_animals/legislation\\_en.htm](http://ec.europa.eu/environment/chemicals/lab_animals/legislation_en.htm); *Uniform Requirements for manuscripts submitted to Biomedical journals* <http://www.icmje.org>. This must be stated at an appropriate point in the article.

#### Conflict of interest

All authors are requested to disclose any actual or potential conflict of interest including any financial, personal or other relationships with other people or organizations within three years of beginning the submitted work that could inappropriately influence, or be perceived to influence, their work. See also <http://www.elsevier.com/conflictsofinterest>.

#### Submission declaration

Submission of an article implies that the work described has not been published previously (except in the form of an abstract or as part of a published lecture or academic thesis), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere including electronically in the same form, in English or in any other language, without the written consent of the copyright-holder.

#### Copyright

Upon acceptance of an article, authors will be asked to complete a 'Journal Publishing Agreement' (for more information on this and copyright see <http://www.elsevier.com/copyright>). Acceptance of the agreement will ensure the widest possible dissemination of information. An e-mail will be sent to the corresponding author confirming receipt of the manuscript together with a 'Journal Publishing Agreement' form or a link to the online



version of this agreement.

Subscribers may reproduce tables of contents or prepare lists of articles including abstracts for internal circulation within their institutions. Permission of the Publisher is required for resale or distribution outside the institution and for all other derivative works, including compilations and translations (please consult <http://www.elsevier.com/permissions>). If excerpts from other copyrighted works are included, the author(s) must obtain written permission from the copyright owners and credit the source(s) in the article. Elsevier has preprinted forms for use by authors in these cases: please consult <http://www.elsevier.com/permissions>.

### **Retained author rights**

As an author you (or your employer or institution) retain certain rights; for details you are referred to: <http://www.elsevier.com/authorsrights>.

### **Role of the funding source**

You are requested to identify who provided financial support for the conduct of the research and/or preparation of the article and to briefly describe the role of the sponsor(s), if any, in study design; in the collection, analysis and interpretation of data; in the writing of the report; and in the decision to submit the paper for publication. If the funding source(s) had no such involvement then this should be stated. Please see <http://www.elsevier.com/funding>.

### **Funding body agreements and policies**

Elsevier has established agreements and developed policies to allow authors whose articles appear in journals published by Elsevier, to comply with potential manuscript archiving requirements as specified as conditions of their grant awards. To learn more about existing agreements and policies please visit <http://www.elsevier.com/fundingbodies>.

### **Language and language services**

Please write your text in good English (American or British usage is accepted, but not a mixture of these). Authors who require information about language editing and copyediting services pre- and post-submission please visit <https://languageediting.elsevier.com> or our customer support site at <http://epsupport.elsevier.com> for more information. Please note Elsevier neither endorses nor takes responsibility for any products, goods or services offered by outside vendors through our services or in any advertising. For more information please refer to our Terms & Conditions: <http://www.elsevier.com/termsandconditions>.

### **Submission**

Submission to this journal proceeds totally online and you will be guided stepwise through the creation and uploading of your files. The system automatically converts source files to a single PDF file of the article, which is used in the peer-review process. Please note that even though manuscript source files are converted to PDF files at submission for the review process, these source files are needed for further processing after acceptance. All correspondence, including notification of the Editor's decision and requests for revision, takes place by e-mail removing the need for a paper trail.

Poorly written and/or presented manuscripts (relative to the journal's guidelines) may be returned to authors for upgrading by the editorial office, prior to a review for scientific merit. Before preparing their manuscript, it is suggested that authors examine the editorial by the Editors-in-Chief in [Vol. 134/3-4](#), which outlines several practices and strategies of manuscript preparation that the Editors-in-Chief have found to be successful. This editorial also outlines practices that can lead to difficulties with reviewers and/or rejection of the manuscript for publication. There is also an example of an Animal Feed Science and Technology manuscript available on the journal website at <http://www.elsevier.com/locate/anifeedsci>.

### **Submit your article**

Please submit your article via <http://ees.elsevier.com/anifee/>

### **Referees**

Please submit, with the manuscript, the names, addresses and e-mail addresses of 3 potential referees. Note that the editor retains the sole right to decide whether or not the suggested reviewers are used.



## **Preparation**

Use past tense for current findings, and the present tense for "truths" and hypotheses.

### **Article Structure**

Manuscripts should have **numbered lines**, with wide margins and **double spacing** throughout, i.e. also for

abstracts, footnotes and references. **Every page of the manuscript, including the title page, references, tables, etc., should be numbered continuously.** However, in the text no reference should be made to page numbers; if necessary, one may refer to sections. Avoid excessive usage of italics to emphasize part of the text.

### **Introduction**

State the objectives of the work and provide an adequate background, avoiding a detailed literature survey or a summary of the results.

### **Material and methods**

Provide sufficient detail to allow the work to be reproduced. Methods already published should be indicated by a reference: only relevant modifications should be described.

If reference is made to AOAC, ISO or similar analytical procedure(s), the specific procedure identification number(s) must be cited. A number of references for neutral and acid detergent fibre (NDF, ADF) assays exist, and an alternative reference to the now out-of-print USDA Agriculture Handbook 379 must be used. There are many options for NDF and ADF assays (e.g. sodium sulfite, alpha amylase, residual ash), which must be specified in the text. For more details see the editorial in [Vol. 118/3-4](#).

The following definitions should be used, as appropriate:

- a. aNDFom-NDF assayed with a heat stable amylase and expressed exclusive of residual ash.
- b. NDFom-NDF not assayed with a heat stable amylase and expressed exclusive of residual ash.
- c. aNDF-NDF assayed with a heat stable amylase and expressed inclusive of residual ash.
- d. NDF-NDF assayed without a heat stable amylase and expressed inclusive of residual ash.
- e. ADFom-ADF expressed exclusive of residual ash.
- f. ADF-ADF expressed inclusive of residual ash.
- g. Lignin (sa)-Lignin determined by solubilization of cellulose with sulphuric acid.
- h. Lignin (pm)-Lignin determined by oxidation of lignin with permanganate.

While expressions of NDF and ADF inclusive of residual ash will continue to be acceptable (i.e., the terms aNDF, NDF and ADF above), the Editors-in-Chief highly recommend reporting all fibre values, including digestibilities, on an OM basis. Silica is partially soluble in ND, is quantitatively recovered in AD, and so may contribute to the 'fibre' values and to subsequent digestibility coefficients.

Reporting 'hemicellulose' values as the difference between NDF and ADF is generally only acceptable if the analyses have been sequential on the same sample. Crude fibre (CF), nitrogen-free extract (NFE) and total digestible nutrients (TDN) are not acceptable terms for describing feeds and should only be referred to in a historical context.

### **Results**

Results should be clear and concise.

### **Discussion**

This should explore the significance of the results of the work, not repeat them. Avoid extensive citations and discussion of published literature. Combined 'Results and Discussion' sections are only acceptable for 'Short Communications', except under compelling circumstances.

### **Conclusions**

The main conclusions of the study may be presented in a short Conclusions section, which may stand alone or form a subsection of a Discussion or Results and Discussion section.

### **Essential title page information**

- **Title.** Concise and informative. Titles are often used in information-retrieval systems. Avoid abbreviations and formulae where possible.
- **Author names and affiliations.** Where the family name may be ambiguous (e.g., a double name), please indicate this clearly. Present the authors' affiliation addresses (where the actual work was done) below the names. Indicate all affiliations with a lower-case superscript letter immediately after the author's name and in front of the appropriate address. Provide the full postal address of each affiliation, including the country name, and, if available, the e-mail address of each author.
- **Corresponding author.** Clearly indicate who will handle correspondence at all stages of refereeing and publication, also post-publication. **Ensure that telephone and fax numbers (with country and area code) are provided in addition to the e-mail address and the complete postal address.**
- **Present/permanent address.** If an author has moved since the work described in the article was done, or was visiting at the time, a "Present address" (or "Permanent address") may be indicated as a footnote to that author's name. The address at which the author actually did the work must be retained as the main, affiliation address. Superscript Arabic numerals are used for such footnotes.

### **Abstract**

The abstract should be clear, descriptive and not longer than 400 words. It should contain the following specific information: purpose of study; experimental treatments used; results obtained, preferably with quantitative

data; significance of findings; conclusions; implications of results if appropriate.

### Keywords

Immediately after the abstract, provide a maximum of 6 keywords, using American spelling and avoiding general and plural terms and multiple concepts (avoid, for example, "and", "of"). Be sparing with abbreviations: only abbreviations firmly established in the field may be eligible. These keywords will be used for indexing purposes.

### Abbreviations

Define abbreviations that are not standard in this field in a footnote to be placed on the first page of the article. Such abbreviations that are unavoidable in the abstract must be defined at their first mention there, as well as in the footnote. Ensure consistency of abbreviations throughout the article.

### Acknowledgements

Collate acknowledgements in a separate section at the end of the article before the references and do not, therefore, include them on the title page, as a footnote to the title or otherwise. List here those individuals who provided help during the research (e.g., providing language help, writing assistance or proof reading the article, etc.).

### Nomenclature and units

Follow internationally accepted rules and conventions: use the international system of units (SI). If other quantities are mentioned, give their equivalent in SI. You are urged to consult IUB: Biochemical Nomenclature and Related Documents: <http://www.chem.qmw.ac.uk/iubmb/> for further information.

Authors and Editors are, by general agreement, obliged to accept the rules governing biological nomenclature, as laid down in the *International Code of Botanical Nomenclature*, the *International Code of Nomenclature of Bacteria*, and the *International Code of Zoological Nomenclature*. All biotica (crops, plants, insects, birds, mammals, etc.) should be identified by their scientific names when the English term is first used, with the exception of common domestic animals. All biocides and other organic compounds must be identified by their Geneva names when first used in the text. Active ingredients of all formulations should be likewise identified.

SI or SI-derived units should be used throughout (e.g. MJ and not Kcal for energy concentrations). Concentrations should be expressed on a 'per kg' basis (w/w); however, w/v, v/v, mol/mol or M may be accepted depending on the circumstances. In addition, 'units' and 'equivalents' are acceptable. Normality should be avoided, as it may be ambiguous for certain acids. If analytical standards have been used, they should be specified by name (e.g. yeast RNA) and form (e.g. lactose monohydrate). Percents should only be used when describing a relative increase or decrease in a response. Proportions should be maximum 1.0 or  $\leq 1.0$ . For more details see the editorial in Vol. 118/3-4.

Percent is *only* used to indicate relative changes. For composition, both w/w (often solids composition g/kg) and w/v (e.g. g/L), v/v (e.g. mL/L), mol/mol or M can be accepted depending on the circumstances. Specify units (e.g. g/L) and never as percent.

Digestibility/metabolisability and degradability should always be expressed as a coefficient (not %), and the content of, for example, the digestible component should be expressed as g/kg: thus, the coefficient of digestibility of dry matter is 0.8, while the content of digestible dry matter is 800g/kg. A distinction between true and apparent digestibility should be made, as well as between faecal and ileal (e.g. coefficient of total tract apparent digestibility - CTTAD). The terms 'availability' and 'bioavailability' should be avoided without definition in context.

In chemical formulae, valence of ions should be given as, e.g.  $\text{Ca}^{2+}$ , not as  $\text{Ca}^{++}$ . Isotope numbers should precede the symbols e.g.  $^{18}\text{O}$ . The repeated use of chemical formulae in the text is to be avoided where reasonably possible; instead, the name of the compound should be given in full. Exceptions may be made in the case of a very long name occurring very frequently or in the case of a compound being described as the end product of a gravimetric determination (e.g. phosphate as  $\text{P}_2\text{O}_5$ ).

### Math formulae

Present simple formulae in the line of normal text where possible and use the solidus (/) instead of a horizontal line for small fractional terms, e.g., X/Y. In principle, variables are to be presented in italics. Powers of e are often more conveniently denoted by exp. Number consecutively any equations that have to be displayed separately from the text (if referred to explicitly in the text).

If differences between treatments are statistically significant, this should be indicated by adding the actual 'P' value obtained. If  $0.10 > P > 0.05$ , then differences can be considered to suggest a trend, or tendency, to a difference, but the actual 'P' value should be stated. Further information on this issue can be found in *Animal Feed Science and Technology* Vol. 129/1-2.

Spaces should be used between all values and units, except for the following: Between the value and degrees

or percent. In equations around \* and /. In probability expressions ( $P < 0.05$ ). When probability values are given, the 'P' should be a capital letter.

## Artwork

### Electronic artwork

#### General points

- Make sure you use uniform lettering and sizing of your original artwork.
- Save text in illustrations as "graphics" or enclose the font.
- Only use the following fonts in your illustrations: Arial, Courier, Times, Symbol.
- Number the illustrations according to their sequence in the text.
- Use a logical naming convention for your artwork files.
- Provide captions to illustrations separately.
- Produce images near to the desired size of the printed version.
- Submit each figure as a separate file.

A detailed guide on electronic artwork is available on our website:

☞ <http://www.elsevier.com/artworkinstructions>

**You are urged to visit this site; some excerpts from the detailed information are given here.**

#### Formats

Regardless of the application used, when your electronic artwork is finalised, please "save as" or convert the images to one of the following formats (note the resolution requirements for line drawings, halftones, and line/halftone combinations given below):

EPS: Vector drawings. Embed the font or save the text as "graphics".

TIFF: color or grayscale photographs (halftones): always use a minimum of 300 dpi.

TIFF: Bitmapped line drawings: use a minimum of 1000 dpi.

TIFF: Combinations bitmapped line/half-tone (color or grayscale): a minimum of 500 dpi is required.

DOC, XLS or PPT: If your electronic artwork is created in any of these Microsoft Office applications please supply "as is".

#### Please do not:

- Supply embedded graphics in your wordprocessor (spreadsheet, presentation) document;
- Supply files that are optimised for screen use (like GIF, BMP, PICT, WPG); the resolution is too low;
- Supply files that are too low in resolution;
- Submit graphics that are disproportionately large for the content.

All data in figures should have a measure of variation either on the plot (e.g., error bars), in the figure legend itself, or by reference to a table with measures of variation in the figure legend.

Explanations should be given in the figure legend(s). Drawn text in the figures should be kept to a minimum.

If a scale is given, use bar scales (instead of numerical scales) that must be changed with reduction.

### Color artwork

Please make sure that artwork files are in an acceptable format (TIFF, EPS or MS Office files) and with the correct resolution. If, together with your accepted article, you submit usable color figures then Elsevier will ensure, at no additional charge, that these figures will appear in color on the Web (e.g., ScienceDirect and other sites) regardless of whether or not these illustrations are reproduced in color in the printed version. **For color reproduction in print, you will receive information regarding the costs from Elsevier after receipt of your accepted article.** Please indicate your preference for color in print or on the Web only. For further information on the preparation of electronic artwork, please see

☞ <http://www.elsevier.com/artworkinstructions>.

Please note: Because of technical complications which can arise by converting color figures to "gray scale" (for the printed version should you not opt for color in print) please submit in addition usable black and white versions of all the color illustrations.

## Tables

Number tables consecutively in accordance with their appearance in the text. Place footnotes to tables below the table body and indicate them with superscript lowercase letters. Avoid vertical rules. Be sparing in the use of tables and ensure that the data presented in tables do not duplicate results described elsewhere in the article.

## References

All publications cited in the text should be presented in a list of references following the text of the manuscript. The manuscript should be carefully checked to ensure that the spelling of authors' names and dates are exactly the same in the text as in the reference list. The accuracy of the references is the responsibility of the author(s).

References published in other than the English language should be avoided, but are acceptable if they include an English language 'Abstract' and the number of non-English language references cited are reasonable (in the view of the handling Editor) relative to the total number of references cited.

In the text refer to the author's name (without initial) and year of publication, followed - if necessary - by a short reference to appropriate pages. Examples: "Since Peterson (1988) has shown that..." "This is in agreement with results obtained later (Kramer, 1989, pp. 12-16)".

If reference is made in the text to a publication written by more than two authors, the name of the first author should be used followed by "et al.". This indication, however, should never be used in the list of references. In this list names of first author and co-authors should be mentioned.

References cited together in the text should be arranged chronologically. The list of references should be arranged alphabetically on authors' names, and chronologically per author. If an author's name in the list is also mentioned with co-authors the following order should be used: publications of the single author, arranged according to publication dates - publications of the same author with one co-author - publications of the author with more than one co-author. Publications by the same author(s) in the same year should be listed as 2001a, 2001b, etc.

### **Web references**

As a minimum, the full URL should be given and the date when the reference was last accessed. Any further information, if known (DOI, author names, dates, reference to a source publication, etc.), should also be given. Web references can be listed separately (e.g., after the reference list) under a different heading if desired, or can be included in the reference list.

### **Reference style**

*Text:* All citations in the text should refer to:

1. *Single author:* the author's name (without initials, unless there is ambiguity) and the year of publication;
2. *Two authors:* both authors' names and the year of publication;
3. *Three or more authors:* first author's name followed by "et al." and the year of publication.

Citations may be made directly (or parenthetically). Groups of references should be listed first alphabetically, then chronologically.

Examples: "as demonstrated (Allan, 1996a, 1996b, 1999; Allan and Jones, 1995). Kramer et al. (2000) have recently shown ..."

*List:* References should be arranged first alphabetically and then further sorted chronologically if necessary. More than one reference from the same author(s) in the same year must be identified by the letters "a", "b", "c", etc., placed after the year of publication.

*Examples:*

Reference to a journal publication:

Van der Geer, J., Hanraads, J.A.J., Lupton, R.A., 2000. The art of writing a scientific article. *J. Sci. Commun.* 163, 51-59.

Reference to a book:

Strunk Jr., W., White, E.B., 1979. *The Elements of Style*, third ed. Macmillan, New York.

Reference to a chapter in an edited book:

Mettam, G.R., Adams, L.B., 1999. How to prepare an electronic version of your article, in: Jones, B.S., Smith, R.Z. (Eds.), *Introduction to the Electronic Age*. E-Publishing Inc., New York, pp. 281-304.

References concerning unpublished data and "personal communications" should not be cited in the reference list but may be mentioned in the text.

### **Journal abbreviations source**

Journal names should be abbreviated according to

Index Medicus journal abbreviations: <http://www.nlm.nih.gov/tsd/serials/lji.html>;

List of serial title word abbreviations: <http://www.issn.org/2-22661-LTWA-online.php>;

CAS (Chemical Abstracts Service): <http://www.cas.org/sent.html>.

### **Supplementary and multimedia data**

Elsevier accepts electronic supplementary and multimedia data to support and enhance your scientific research. Supplementary files offer the author additional possibilities to publish supporting applications, movies, animation sequences, high-resolution images, background datasets, sound clips and more. Supplementary files supplied will be published online alongside the electronic version of your article in Elsevier Web products, including ScienceDirect: <http://www.sciencedirect.com>. In order to ensure that your submitted material is directly usable, please ensure that data are provided in one of our recommended file formats. Authors should submit the material in electronic format together with the article and supply a concise and descriptive caption for each file. Video files: please supply 'stills' with your files: you can choose any frame from the video or make a separate image. These will be used instead of standard icons and will personalize the link to your supplementary information. For more detailed instructions please visit our artwork instruction pages at <http://www.elsevier.com/artworkinstructions>.

### **Submission checklist**

It is hoped that this list will be useful during the final checking of an article prior to sending it to the journal's Editor for review. Please consult this Guide for Authors for further details of any item.

**Ensure that the following items are present:**

One Author designated as corresponding Author:

- E-mail address
  - Full postal address
  - Telephone and fax numbers
- All necessary files have been uploaded

- Keywords
- All figure captions
- All tables (including title, description, footnotes)

Further considerations

- Manuscript has been "spellchecked" and "grammar-checked"
- References are in the correct format for this journal
- All references mentioned in the Reference list are cited in the text, and vice versa
- Permission has been obtained for use of copyrighted material from other sources (including the Web)
- Color figures are clearly marked as being intended for color reproduction on the Web (free of charge) and in print or to be reproduced in color on the Web (free of charge) and in black-and-white in print
- If only color on the Web is required, black and white versions of the figures are also supplied for printing purposes

For any further information please visit our customer support site at <http://epsupport.elsevier.com>.

### Additional Information

Authors should use the 'Track Changes' option when revising their manuscripts, so that any changes made to the original submission are easily visible to the Editors. Those revised manuscripts upon which the changes are not clear may be returned to the author.

Specific comments made in the Author Comments in response to referees' comments must be organised clearly. For example, use the same numbering system as the referee, or use 2 columns of which one states the comment and the other the response.



### After Acceptance

#### Use of the Digital Object Identifier

The Digital Object Identifier (DOI) may be used to cite and link to electronic documents. The DOI consists of a unique alpha-numeric character string which is assigned to a document by the publisher upon the initial electronic publication. The assigned DOI never changes. Therefore, it is an ideal medium for citing a document, particularly 'Articles in press' because they have not yet received their full bibliographic information. The correct format for citing a DOI is shown as follows (example taken from a document in the journal *Physics Letters B*):  
doi:10.1016/j.physletb.2003.10.071

When you use the DOI to create URL hyperlinks to documents on the web, they are guaranteed never to change.

#### Proofs

One set of page proofs (as PDF files) will be sent by e-mail to the corresponding author (if we do not have an e-mail address then paper proofs will be sent by post) or, a link will be provided in the e-mail so that authors can download the files themselves. Elsevier now provides authors with PDF proofs which can be annotated; for this you will need to download Adobe Reader version 7 (or higher) available free from

<http://www.adobe.com/products/acrobat/readstep2.html>. Instructions on how to annotate PDF files will accompany the proofs (also given online). The exact system requirements are given at the Adobe site:

<http://www.adobe.com/products/acrobat/acrrsystemreqs.html#70win>.

If you do not wish to use the PDF annotations function, you may list the corrections (including replies to the Query Form) and return them to Elsevier in an e-mail. Please list your corrections quoting line number. If, for any reason, this is not possible, then mark the corrections and any other comments (including replies to the Query Form) on a printout of your proof and return by fax, or scan the pages and e-mail, or by post. Please use this proof only for checking the typesetting, editing, completeness and correctness of the text, tables and figures. Significant changes to the article as accepted for publication will only be considered at this stage with permission from the Editor. We will do everything possible to get your article published quickly and accurately. Therefore, it is important to ensure that all of your corrections are sent back to us in one communication: please check carefully before replying, as inclusion of any subsequent corrections cannot be guaranteed. Proofreading is solely your responsibility. Note that Elsevier may proceed with the publication of your article if no response is received.

#### Offprints

The corresponding author, at no cost, will be provided with a PDF file of the article via e-mail. For an extra charge, paper offprints can be ordered via the offprint order form which is sent once the article is accepted for publication. The PDF file is a watermarked version of the published article and includes a cover sheet with the journal cover image and a disclaimer outlining the terms and conditions of use.



## Author Inquiries

For inquiries relating to the submission of articles (including electronic submission where available) please visit this journal's homepage. You can track accepted articles at <http://www.elsevier.com/trackarticle> and set up e-mail alerts to inform you of when an article's status has changed. Also accessible from here is information on copyright, frequently asked questions and more. Contact details for questions arising after acceptance of an article, especially those relating to proofs, will be provided by the publisher.

**APÊNDICE 2:** Banco de dados utilizados na realização do trabalho



Nome comum	Nome científico	Tipo de volumoso	Ciclo de produção <sup>1</sup>	Experimento	Ano de condução experimento	Número de animais por experimento	Peso vivo médio dos animais e desvio padrão
Alfafa	<i>Medicago sativa</i>	Feno	PEQ	1	1983	6	23,400 ± 2,91
				2	1982	5	29,770 ± 5,29
				3	1982	5	30,430 ± 3,78
				4	1982	5	29,620 ± 3,87
				5	1982	5	28,320 ± 4,13
				6	1982	5	31,780 ± 2,35
				7	1982	5	31,690 ± 2,58
				8	1978	6	28,240 ± 2,00
				9	1981	8	32,140 ± 1,26
Arroz	<i>Oryza sativa</i>	Palha	AEQ	1	1968	4	29,670 ± 3,35
Aveia	<i>Avena Sativa</i>	Feno	AEF	1	1969	4	25,250 ± 4,54
Azevém	<i>Lolium multiflorum</i>	Palha	AEF	1	1989	5	26,120 ± 3,70
				2	1989	5	26,340 ± 2,52
Azevém + trevo branco + cornichão	<i>Lolium multiflorum + Trifolium repens + Lotus corniculatus</i>	Feno	AEF	1	1969	4	26,170 ± 1,05
Campo nativo		Feno	PEQ	1	1976	3	17,600 ± 2,53
Cana de açúcar	<i>Saccharum officinarum</i>	Bagaço	PEQ	1	1970	4	22,020 ± 0,83
Capim Lanudo	<i>Holcus lanatus</i>	Feno	AEF	1	1969	4	24,330 ± 1,99
Capim lanudo + azevém + trevo branco	<i>Holcus lanatus + Lolium multiflorum + Trifolium repens</i>	Feno	AEF	1	1975	4	22,860 ± 5,83
Capim pé de galinha	<i>Eleusine indica</i>	Feno	AEQ	1	1978	4	24,390 ± 3,87
Centeio	<i>Secale cereale</i>	Feno	AEF	1	1969	4	26,720 ± 6,32
Cornichão	<i>Lotus corniculatus</i>	Feno	PEF	1	1971	6	21,530 ± 1,83
				2	1975	4	22,390 ± 5,78
Desmodium + rhodes	<i>Desmodium intortum + Chloris gayana Kunth</i>	Feno	PEQ	1	1971	3	17,700 ± 1,38
Feijão miúdo	<i>Vigna unguiculata</i>	Silagem	AEQ	1	1969	4	26,475 ± 2,89
		Feno		2	1969	4	24,310 ± 3,39

Nome comum	Nome científico	Tipo de volumoso	Ciclo de produção <sup>1</sup>	Experimento	Ano de condução experimento	Número de animais por experimento	Peso vivo médio dos animais e desvio padrão
Milheto	<i>Pennisetum americanum</i>	Feno	AEQ	1	1982	5	23,340 ± 3,12
				2	1982	5	23,400 ± 3,07
				3	1971	4	22,100 ± 2,45
				4	1968	3	25,600 ± 1,20
Milheto + feijão miúdo	<i>Pennisetum americanum</i> + <i>Vigna unguiculata</i>	Feno	AEQ	1	1969	4	24,330 ± 3,69
Milho	<i>Zea mays</i>	Silagem	AEQ	1	1968	4	23,570 ± 4,72
Napier	<i>Pennisetum purpureum</i>	Feno	PEQ	1	1977	3	19,660 ± 1,40
				2	1977	3	19,380 ± 0,63
				3	1977	3	19,910 ± 0,54
				4	1977	3	19,700 ± 2,0
				5	1977	3	19,07 ± 0,63
Pangola	<i>Digitaria decumbens</i>	Feno	PEQ	1	1968	4	29,700 ± 3,25
				2	1969	4	27,000 ± 0,50
				3	1970	4	39,610 ± 1,22
Pangola + desmodium	<i>Digitaria decumbens</i> + <i>desmodium intortum</i>	Feno	PEQ	1	1971	3	19,860 ± 1,55
Pangola + siratro	<i>Digitaria decumbens</i> + <i>Macroptilum atropurpureum</i>	Feno	PEQ	1	1971	3	23,930 ± 2,00
Rhodes	<i>Chloris gayana Kunth</i>	Feno	PEQ	1	1971	3	22,360 ± 0,75
		Feno		2	1971	4	22,630 ± 1,10
		Feno		3	1971	2	22,600 ± 1,55
		Palha		4	1971	3	19,000 ± 0,53
		Feno		5	1979	4	18,100 ± 0,86
		Palha		6	1971	4	19,100 ± 0,43

Nome comum	Nome científico	Tipo de volumoso	Ciclo de produção <sup>1</sup>	Experimento	Ano de condução experimento	Número de animais por experimento	Peso vivo médio dos animais e desvio padrão
Rhodes + siratro	<i>Chloris gayana</i> Kunth + <i>Macroptilum atropurpureum</i>	Feno	PEQ	1	1971	3	19,400 ± 0,69
Setária	<i>Setária sphacelata</i>	Feno	PEQ	1 2	1982 1981	6 5	28,650 ± 2,88 21,520 ± 3,16
Soja	<i>Glycyne max</i>	Palha	PEQ	1 2	1976 1978	4 5	15,130 ± 1,83 18,720 ± 1,45
Soja + alfafa	<i>Glycyne max</i> + <i>Medicago sativa</i>	Palha/feno	PEQ	1	1978	6	18,560 ± 3,65
Sudax		Feno	AEQ	1	1969	4	26,160 ± 1,64
				2	1971	2	20,350 ± 1,13
				3	1971	2	21,750 ± 0,56
				4	1971	4	21,330 ± 0,81
				5	1971	4	20,700 ± 2,53
Trigo	<i>Triticum vulgare</i> Vill.	Palha	AEF	1	1969	3	25,850 ± 2,38

<sup>1</sup> AEQ= anual de estação quente; AEF= anual de estação fria; PEQ= perene de estação quente e PEF= perene de estação fria

#### **4. VITA**

Vanessa Peripolli, nascida em Tucunduva, RS, no dia vinte e um de janeiro de 1985. Filha de Ildo Luiz Peripolli e Marilene Turra Peripolli.

Cursou o ensino fundamental na Unidade Estadual de Ensino Fundamental David Bortoli e na Unidade Estadual de Ensino Fundamental Princesa Isabel e o 2º grau na Escola Estadual de Ensino Médio Bento Gonçalves, em Tucunduva – RS. Entre 2003 e 2007 cursou Zootecnia na Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), durante os anos de curso superior na UFSM desenvolveu atividades extracurriculares no setor de Suinocultura (Departamento de Zootecnia) e no Núcleo Integrado em Desenvolvimento de Análises Laboratoriais (NIDAL, Departamento de Tecnologia e Ciência dos Alimentos).

Em março de 2008 ingressou no curso de mestrado no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, como bolsista CNPq, desenvolvendo trabalho de dissertação sobre a utilização do nitrogênio fecal para estimar a qualidade da dieta por ruminantes em pastejo.