

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CÂMPUS DOIS VIZINHOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

JHONE GLEISON DE OLIVEIRA

**AVALIAÇÃO DE MODELOS MATEMÁTICOS DE CINÉTICA DE
DEGRADAÇÃO RUMINAL**

DISSERTAÇÃO

DOIS VIZINHOS
2016

JHONE GLEISON DE OLIVEIRA

**AVALIAÇÃO DE MODELOS MATEMÁTICOS DE CINÉTICA DE
DEGRADAÇÃO RUMINAL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Zootecnia, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Dois Vizinhos, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Zootecnia – Área de Concentração: Produção Animal.

Orientador: Dr. Douglas Sampaio Henrique

DOIS VIZINHOS

2016

O46a Oliveira, Jhone Gleison de.
Avaliação de modelos matemáticos de cinética de
degradação ruminal – Dois Vizinhos: [s.n], 2016.
65 f.:il.

Orientador: Douglas Sampaio Henrique
Dissertação (Mestrado) - Universidade Tecnológica
Federal do Paraná, Programa de Pós-graduação em
Zootecnia, Dois Vizinhos, 2016.
Inclui bibliografia

1.Ruminante 2.Modelos matemáticos3.Plantas forrageiras
I.Oliveira, Jhone Gleison de, orient. II.Universidade
Tecnológica Federal do Paraná – Dois Vizinhos .III.Título.
CDD: 636.20852



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Câmpus Dois Vizinhos
Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação
Programa de Pós-Graduação em Zootecnia



TERMO DE APROVAÇÃO

Título da Dissertação n° 056

Avaliação de modelos matemáticos de cinética de degradação ruminal

Jhone Gleison de Oliveira

Dissertação apresentada às quatorze horas do dia vinte e seis de fevereiro de dois mil e dezesseis, como requisito parcial para obtenção do título de MESTRE EM ZOOTECNIA, Linha de Pesquisa – Produção e Nutrição Animal, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia (Área de Concentração: Produção animal), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *Câmpus* Dois Vizinhos. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho .

.....

Banca examinadora:

Douglas Sampaio Henrique
UTFPR-DV

José Antônio de Freitas
UFPR - PALOTINA

Fábio José Maia
UTFPR-DV

Prof. Dr. Ricardo Yuji Sado
Coordenador do PPGZO

*A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia.

A Deus, por iluminar todos os meus passos e pela presença constante em todos os momentos da minha vida.

Aos meus amados pais, Leomar Siqueira de Oliveira e Jolcira Buffon de Oliveira e minha irmã e companheira Geisielle de Oliveira, pelos esforços e sacrifícios em prol de meu bem estar, pelo apoio em todos os momentos da minha vida, ensinando-me a traçar os melhores caminhos com os melhores valores para alcançar meus ideais. Meu amor é imensurável e infinito por vocês.

A Gabriela, que já faz parte da minha vida, trazendo-me amor, carinho e muita compreensão, eternamente lhe terei em meu coração.

A meu amigo, professor e orientador Douglas Sampaio Henrique que sempre me deu forças para seguir nesta batalha, se hoje tenho algo a comemorar, é fruto dos seus ensinamentos.

Aos meus padrinhos de batismo Adhemar de Oliveira e Marildes Danelli pelos ensinamentos e incentivos que deram sustentação para que me tornasse um homem honesto e ético.

A quem infelizmente já não está em nosso meio, mas que deixou diversos ensinamentos, um exemplo de homem, meu querido avô José Siqueira de Oliveira, jamais te esquecerei (*in memoriam*).

Dedico!

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pelo dom da vida, por estar presente em todos os momentos e por iluminar o meu caminho.

Aos meus pais que sempre batalharam e me ampararam nos momentos difíceis, pelo apoio moral e financeiro, além de todo afeto e carinho que me proporcionam.

A minha irmã pelas palavras de apoio e pelos esforços que jamais se abstiveram.

A Gabriela que mesmo estando distante nunca me deixou faltar carinho e amor, pela paciência e companheirismo em todos os momentos, mas principalmente por mostrar-me a cada dia o que é o amor verdadeiro.

Ao professor Douglas Sampaio Henrique que por meio de sua orientação não mediu esforços para que esta etapa fosse concluída com sucesso, suas palavras sábias e seus ensinamentos me proporcionaram um grande crescimento, posso dizer com grande prazer que o senhor foi como um pai, pois, nas horas de dúvidas e incertezas foi a quem me dirigi, serei eternamente grato, lhe desejo de coração muito sucesso e felicidade.

A UTFPR, campus Dois Vizinhos, toda equipe de funcionários e professores do Departamento de Zootecnia e PPGZO, em especial a professora Lilian Regina Rothe Mayer pela dedicação, respeito, amizade, competência e por me proporcionarem esta experiência ímpar, meus mais sinceros agradecimentos.

Ao Laboratório de Zootecnia e Nutrição Animal da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, em especial ao meu grande amigo Matheus Lima Corrêa Abreu que me acompanhou em minhas análises, além das orientações ao decorrer da realização desta etapa. Com enorme satisfação lhe estendo minha gratidão.

Agradeço a minhas amigas e colegas de trabalho, Joziane Battiston e Raquel Suzane Kölln pelo tempo dedicado as atividades experimentais, pela amizade, incentivo e apoio.

Aos meus amigos de república Eduardo Felipe Coleraus de Oliveira Lazzarotto e Oscar Tuz Mattos pelas distrações, pelas companhias que nunca mediram esforços para prestar ajuda quando solicitei, desejo a vocês todo sucesso possível.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro concedido durante todo o período no Programa de Pós Graduação em Zootecnia.

Aos professores José Antônio de Freitas e Fábio José Maia por participarem da banca examinadora, por todas as sugestões e críticas fundamentais à complementação desse trabalho.

A todos aqueles que não foram nominados, mas que tive a oportunidade de conviver neste período de dois anos e que de uma forma ou outra contribuíram para eu pudesse chegar até aqui.

Muito Obrigado a Todos!!

“Não confunda derrotas com fracasso nem vitórias com sucesso. Na vida de um campeão sempre haverá algumas derrotas, assim como na vida de um perdedor sempre haverá vitórias. A diferença é que, enquanto os campeões crescem nas derrotas, os perdedores se acomodam nas vitórias.” (Roberto Shinyashiki).

RESUMO

OLIVEIRA, Jhone Gleison. Avaliação de modelos matemáticos de cinética de degradação ruminal. 76 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia (Área de Concentração: Produção Animal), Universidade Tecnológica Federal do Paraná Câmpus Dois Vizinhos, 2016.

O trabalho foi realizado para identificar os modelos com melhor ajuste aos perfis de degradação de forrageiras utilizadas na alimentação de ruminantes com o intuito de obter estimativas mais verossímeis dos parâmetros que descrevem a cinética de degradação ruminal. Foram realizados três ensaios, comparando quatro modelos matemáticos (M1, M2, M3 e M4) de cinética de degradação. No ensaio 1, foram utilizadas dez forrageiras, entre elas, três gramíneas de clima temperado, quatro gramíneas de clima tropical e três leguminosas de clima temperado, todas analisadas em triplicatas (30 perfis). Nos ensaios 2 e 3 foi avaliada a aveia IAPAR 126, submetida a quatro níveis de adubação nitrogenada (12 perfis) e quatro intervalos entre cortes respectivamente (12 perfis). Além dos testes de modelagem, foram realizadas análises bromatológicas para obter possíveis correlações com as estimativas dos parâmetros que descrevem a cinética de degradação. A qualidade de ajuste dos modelos aos dados foi verificada por meio do critério de Akaike corrigido (AIC_{c_r}), da diferença entre os valores de AIC_{c_r} (Δ_r), da probabilidade de verossimilhança (W_r) e da verossimilhança relativa (ER_r). O M3 obteve melhor ajuste a 72% dos perfis, o M1 a 22% e o M4 a 6%. Houve correlação positiva entre EE e LDA, EE e PB e entre LDA e PB no ensaio 3 e correlação negativa entre k_2 e aFDN, k_2 e k_1 e entre PB e k_1 . No ensaio 2 houve correlação positiva entre k_1 e k_2 e correlação negativa entre PB e k_1 . O M3 reproduziu estimativas de parâmetros mais verossímeis para forrageiras com maior teor de fibra e menores teores de carboidratos não fibrosos e de proteína. O modelo M1 possui melhor qualidade de ajuste a perfis de produção de gás de forrageiras com maiores teores de carboidratos não fibrosos e baixo conteúdo de lignina.

Palavras-chave: Ajuste. Modelagem. Parâmetros. Perfis.

ABSTRACT

OLIVEIRA, Jhone Gleison. Evaluation of mathematical models of ruminal degradation kinetics. 76 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia (Área de Concentração: Produção Animal), Universidade Tecnológica Federal do Paraná Câmpus Dois Vizinhos, 2016.

The aim of this study was to identify the models which best fit the degradation profiles of some forages used in ruminant nutrition in order to obtain better estimates of the parameters that describe the kinetics of ruminal degradation. It were taken Three trials comparing four mathematical model (M1, M2, M3 and M4) degradation kinetics with different forages. In assay 1 ten forages were used, including three temperate grasses, four tropical grasses and three temperate legumes, all analyzed in triplicate (30 profiles). In assay 2 and 3 was evaluated oat IAPAR 126, subjected to four levels of nitrogen fertilization (12 profiles) harvest at four different time (12 profiles). In addition to the modeling testing, chemical analysis were taken for possible correlations with the estimates of the parameters describing the kinetics of degradation. The way of the model fit to the data was verified by the corrected Akaike criterion ($AICc_r$) the difference between the $AICc_r$ values (Δ_r), the probability of likelihood (W_r) and the relative likelihood (ER_r). The M3 was the best fit to 72% of the profiles, the M1 to 22% and the M4 to 6%. There was a positive correlation between EE and LDA, EE and PB and between LDA and PB in the assay 3 and negative correlation between k_2 and aFDN, k_2 and k_1 and between PB and k_1 . In trial 2 there was a positive correlation between k_1 and k_2 and negative correlation between PB and k_1 . The M3 results in estimates more credible parameters for forage with higher fiber and lower levels of non-fibrous carbohydrates and protein. The M1 has better quality forage adjust the gas production profiles with higher carbohydrate content not fibrous and lower lignin contente.

Keywords: Fit. Models. Parameters. Profiles.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1. Regressão robusta do volume em função da pressão. 36
- Figura 2. Perfis ajustados aos dados observados. Eixo x - Tempo de incubação (h); Eixo y – Volume de gás produzido (mL 0,1g⁻¹ de MS). Perfis da aveia 126 (painel a;b), perfis do cornichão (painel c;d) e perfis do tifton 85 (painel e;f). Valores observados (○), ajuste do M1 (linha solida) e ajuste do M3 (linha tracejada)..... 48

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Informações de manejo adotado para cada forrageira	31
Tabela 2. Informações de manejo para cada experimento dos ensaios 2 e 3.	33
Tabela 3. Diferença entre os valores de AICcr (Δr), e verossimilhança relativa (ERr) dos modelos no ensaio 1.....	37
Tabela 4. Diferença entre os valores de AICcr (Δr), e verossimilhança relativa (ERr) dos modelos (M1, M2 e M3) no ensaio 2 e 3.....	38
Tabela 5. Valores dos parâmetros estimados pelos modelos 1, 3 e 4 do ensaio 1.....	40
Tabela 6. Valores dos parâmetros estimados pelos modelos 1, 3 e 4 do ensaio 2 e 3.....	41
Tabela 7. Coeficiente de Variação (CV%) dos parâmetros e do tempo médio de digestão (TMD) do modelo 3 (M3) e do modelo 4 (M4).....	42
Tabela 8. Correlação de Pearson entre variáveis bromatológicas e as estimativas de k_1 e k_2 do M3 do ensaio 2.....	43
Tabela 9. Correlação de Pearson entre variáveis bromatológicas e as estimativas de k_1 e k_2 do M3 do ensaio 3.....	44
Tabela 10. Média e intervalo de confiança (IC) das variáveis bromatológicas do ensaio 1. ...	45
Tabela 11. Fracionamento dos carboidratos e compostos nitrogenados do ensaio 1.	47
Tabela 12. Média e intervalo de confiança (IC) 95% das variáveis bromatológicas do ensaio 3.	50
Tabela 13. Média e intervalo de confiança (IC) 95% das variáveis bromatológicas do ensaio 2.	52

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. OBJETIVO GERAL	15
3. REVISÃO DE LITERATURA	16
3.1 CINÉTICA DE DEGRADAÇÃO RUMINAL COM PRODUÇÃO DE GÁS	17
3.2 EMPREGO DE MODELOS MATEMÁTICOS NA CINÉTICA DE DEGRADAÇÃO RUMINAL.....	19
3.3 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE AJUSTE DOS MODELOS	21
3.3.1 Critério de informação de akaike (<i>AIC</i>)	22
3.3.2 Critério de informação de akaike corrigido – <i>AIC_{cr}</i>	22
3.4 FORRAGEIRAS UTILIZADAS NA ALIMENTAÇÃO DE RUMINANTES	23
4. DESENVOLVIMENTO	27
RESUMO	28
ABSTRACT	28
INTRODUÇÃO	29
MATERIAL E MÉTODOS	30
RESULTADOS	36
DISCUSSÃO	44
CONCLUSÕES	53
AGRADECIMENTOS.....	53
REFERÊNCIAS.....	53
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	58
REFERÊNCIAS.....	59
ANEXOS.	66

1. INTRODUÇÃO

A produção e avaliação nutricional de forrageiras no Brasil têm grande destaque nas pesquisas, principalmente devido à aptidão dos sistemas de produção nacionais em utilizar as pastagens como principal fonte de alimento na nutrição de ruminantes. A região sul do Brasil, cujo clima é subtropical com temperaturas médias de 16 a 20°C e frequentes geadas durante o inverno (NIMER, 1997), demanda forrageiras que sejam produtivas e se adaptem às condições climáticas da região.

Para determinar as melhores forrageiras que compõem a dieta dos ruminantes, a composição química, principalmente o teor de energia e proteína, e as respectivas taxas de degradação, caracterizam e determinam a disponibilidade de nutrientes para o animal. Mas quando se analisa de forma mais específica, a qualidade nutricional do alimento juntamente com o consumo de matéria seca são provavelmente, os fatores de maior influência na produtividade de ruminantes, pois as plantas forrageiras devem apresentar alto valor nutritivo para suprir a maior parte das exigências dos animais em pastejo (PAULINO et al., 2002).

Todos os componentes da parte aérea da planta influenciam diretamente o consumo pelo animal e desta forma o desempenho do mesmo, pois atuam de maneira diferenciada na condição de fragmentação das partículas dessa forrageira e na taxa de passagem pelo rúmen, apresentando consequências na digestibilidade da parede celular, proporcionando maior acesso de seus polissacarídeos aos microrganismos ruminais (WILSON, 1993; BRETT e WALDRON, 1996).

Para a utilização dos atuais sistemas de avaliação de alimentos para ruminantes é necessário quantificar o total de carboidratos (fibrosos e não fibrosos) digeridos no rúmen para prever o rendimento microbiano. Tais sistemas são úteis para determinar a contribuição energética destas frações, que varia de acordo com os padrões de fermentação ruminal (interação animal x alimento ou dieta) e, para permitir a sincronização com outros nutrientes, particularmente os compostos nitrogenados (NOCEK e RUSSEL, 1988). Contudo a maior parte dos estudos com este enfoque foi realizada com forrageiras tropicais, havendo certa escassez de dados relacionados às gramíneas temperadas. Além disso, os estudos sobre forrageiras hibernais no Brasil, normalmente não trazem informações nutricionais completas das plantas, como por exemplo, as frações de carboidratos e compostos nitrogenados e suas respectivas taxas de degradação ruminal (ROCHA et al. 2007; MONDARDO et al. 2011).

A avaliação dos parâmetros digestivos dos alimentos pode ser realizada por métodos *in vivo*, *in situ* ou *in vitro*. Porém, as técnicas *in situ* e *in vivo* possuem inconveniências no que diz respeito à manutenção de animais fistulados, tornando assim maior o trabalho e, conseqüentemente os custos dos procedimentos de avaliação (DETMANN et al., 2005). Em contrapartida, os métodos *in vitro* se destacam por serem mais simples e apresentarem maior uniformidade físico-química do ambiente de fermentação ao qual são submetidos os alimentos (MALAFAIA et al., 1998), porém não permitem a determinação das taxas de digestão da fração solúvel dos alimentos (SCHOFIELD et al., 1994; SCHOFIELD e PELL, 1995). Devido às limitações impostas pelas técnicas apresentadas, a técnica de produção de gás *in vitro* é uma das mais utilizadas para avaliar os perfis de degradação (ABREU et al., 2014) por oferecer a estimativa da taxa de digestão com rapidez e estimar a digestibilidade dos alimentos em ruminantes (CAMPOS et al., 2000).

Como os carboidratos que formam as células vegetais possuem natureza diversa (VAN SOEST, 1994), Schofield et al. (1994) propuseram um modelo matemático com dois compartimentos para descrever a degradação dos carboidratos no retículo-rúmen em que são consideradas duas taxas de degradação diferentes e uma latência comum aos dois compartimentos. No entanto, o perfil de degradação de cada material forrageiro pode se ajustar melhor a outros tipos de modelo, como aqueles que possuem apenas um compartimento, podendo ser este exponencial ou logístico, contendo período de latência ou não, ou ainda modelos de dois compartimentos, sendo um com latência e outro sem latência. Essas variações podem acontecer de acordo com o tipo de forrageira ou com a parte da forrageira (caule, folhas, legumes) que está sendo degradada (VIEIRA et al., 2012; ABREU et al., 2014), pois o carboidrato fibroso que normalmente possui a taxa de degradação menor do que a do carboidrato não fibroso pode ser menos lignificado e mais digestível e com isso apresentar taxa de degradação semelhante à do carboidrato não fibroso.

Portanto, é justificável identificar qual modelo melhor se ajusta ao perfil de degradação de cada forrageira, para se obter estimativas mais verossímeis de suas taxas de degradação ruminal, e manter coerência entre as teorias vigentes e as estimativas dos parâmetros para explicar biologicamente os resultados obtidos.

2. OBJETIVO GERAL

Identificar qual modelo melhor se ajusta ao perfil de degradação de cada forrageira a ser analisada, para se obter estimativas mais verossímeis de suas taxas de degradação ruminal, bem como determinar os possíveis efeitos que a composição química da planta pode exercer sobre as estimativas dos parâmetros dos modelos matemáticos que descrevem a cinética de degradação ruminal.

3. REVISÃO DE LITERATURA

Os sistemas atuais de adequação de dietas para ruminantes necessitam de informações sobre o alimento, no que diz respeito às suas frações de carboidratos e proteínas, bem como de suas taxas de digestão, para que se possa estimar com maior exatidão o desempenho dos animais e maximizar a eficiência de utilização dos nutrientes (MOREIRA et al., 2010).

Os parâmetros cinéticos de degradação são importantes porque além de descrever a digestão, caracterizam as propriedades intrínsecas dos alimentos que limitam a disponibilidade de nutrientes para os ruminantes (MERTENS, 2005).

Os modelos dinâmicos da degradação fornecem estimativas dos valores nutritivos dos alimentos, da população microbiana e do estado fisiológico do animal, além de informações sobre os fatores que atrapalham os processos digestivos (MERTENS, 1993). Por meio da estimativa das variáveis da cinética de digestão dos nutrientes no trato gastrintestinal é possível fornecer dietas mais adequadas, visando a máxima eficiência de síntese de proteína microbiana e também a redução das perdas nitrogenadas e energéticas decorrentes da fermentação ruminal, com observação da sincronização na degradação de nitrogênio e carboidratos no rúmen (MERTENS, 2005).

A taxa de crescimento bacteriano é determinada pela quantidade de carboidratos (CHOS) digeridos no rúmen, sendo as taxas de degradação (kd) dos CHOS condicionadas às fontes adequadas de nitrogênio e disponibilidade de outros nutrientes essenciais. O CNCPS assume que o crescimento bacteriano é proporcional ao kd. Esta suposição relaciona-se à hipótese de que o rúmen opera com limitações de substrato, estando a massa microbiana em excesso (RUSSEL et al., 1992).

Os carboidratos são a principal fonte de energia para o crescimento microbiano e a proteína de origem microbiana é a principal fonte de aminoácidos para o hospedeiro. Desta forma, variações nas frações e nas taxas de degradação destes nutrientes nos alimentos, podem afetar o suprimento de proteína microbiana ao intestino delgado e conseqüentemente o desempenho animal (CABRAL et al., 2000). Segundo Russel et al. (1992) é de suma importância o estudo da cinética da digestão dos carboidratos, tornando possível, por meio de dietas adequadas, sincronizar a disponibilidade de energia e compostos nitrogenados no rúmen, permitindo o máximo desempenho das populações microbianas e dos hospedeiros.

A disponibilidade de nutrientes para os ruminantes depende da degradação realizada pelos microrganismos do rúmen. Por sua vez, o crescimento da população microbiana varia com as condições do ambiente ruminal, tais como temperatura, pH, pressão osmótica, produtos da fermentação e baixa concentração de oxigênio. A cinética de degradação ruminal gera informações do processo de digestão que podem melhor descrever o valor nutritivo dos alimentos (VAN SOEST, 1994). Além disso possibilita o entendimento mais aprofundado da atividade digestiva, obtendo um valor mais específico dos nutrientes do alimento através da mensuração da produção de gases decorrentes da digestão (VAN SOEST, 1994).

Desta forma as medidas de digestibilidade têm sido ferramentas importantes para o desenvolvimento de sistemas que definem o valor nutricional dos alimentos (VAN SOEST, 1994). Rocha Jr. et al. (2003) descrevem que, para se determinar o valor nutricional dos alimentos não se deve ter como base somente os resultados das análises químicas, pois estes possuem pouca validade, ou seja, os atributos biológicos dos alimentos possuem maior significância no momento da predição do desempenho animal, ou até mesmo no balanceamento de dietas. Porém, sempre apresentam maior grau de dificuldade em se determinar os valores precisos. Isto se explica pelo fato de ocorrer interação entre a composição do alimento e a capacidade digestiva e metabólica de cada animal (PRESTON, 1999).

3.1 CINÉTICA DE DEGRADAÇÃO RUMINAL COM PRODUÇÃO DE GÁS

As técnicas de produção de gases *in vitro* foram desenvolvidas para prever a fermentação de alimentos para ruminantes. O alimento é incubado com líquido ruminal, tampão e meio de cultura e os gases produzidos são medidos como indicadores indiretos da cinética de fermentação. O alimento incubado é degradado e a fração degradada pode ser fermentada e produzir gases e ácidos da fermentação ou incorporar-se à biomassa microbiana (RYMER et al, 2005). O principal objetivo da técnica de produção de gases *in vitro* é prover informação relevante na interpretação de valores nutricionais de alimentos e/ou respostas animais e/ou impactos animais no ambiente (KRISHNAMOORTHY, 2005). A cinética da degradação ruminal e o ritmo fracional da produção de gases *in vitro* têm se relacionado, com o perfil da proteína, dos carboidratos e com o teor de extrato etéreo dos alimentos. Segundo Russell et al. (1992) e Sniffen et al. (1992), isso permite a sincronização da degradação de nitrogênio e carboidratos no rúmen, obtendo assim a máxima eficiência de síntese de proteína

microbiana, redução das perdas energéticas e nitrogenadas provenientes da fermentação ruminal, podendo com isso, predizer com maior precisão o desempenho dos animais através dos ingredientes da dieta.

Desde o final da década de 1970, a medição da produção de gás *in vitro* tem se tornado cada vez mais popular para determinar as características de digestão e cinética de fermentação de forrageiras (THEODOROU et al., 1994). A produção de gás é medida a partir da digestão da forragem com líquido ruminal tamponada com bicarbonato. Microrganismos ruminais fermentam o substrato em produtos finais, gerando gases, como o dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) e ácidos graxos de cadeia curta (AGCC), incluindo acetato, propionato e butirato. A quantidade de gás produzido vai depender da quantidade de substrato fermentado e da quantidade e proporções molares dos voláteis produzidos (DAVIES et al., 1999). Além disso o gás produzido durante a incubação é medido para prever a extensão e taxa de digestão de alimentos (GETACHEW, 2004). Dados de produção de gases *in vitro* podem ser úteis quando são complementados com demais informações, como composição química do substrato e/ou digestão do mesmo *in vitro*, para atuar em modelos matemáticos mais complexos que predizem fenômenos relacionados com o funcionamento do rúmen (KRISHNAMOORTHY, 2005).

A técnica *in vitro* de gás tem várias vantagens sobre outros métodos *in vitro* que se baseiam na quantificação de resíduos. Pois esta reflete todos os nutrientes fermentados, os solúveis, bem como os insolúveis, que correspondem as frações não fermentáveis e não contribuem para a produção de gás. Além disso, a cinética de fermentação pode ser obtida de um grande número de amostras, numa única incubação, permitindo que a taxa de fermentação possa ser calculada (GETACHEW, 2004). Outra importante vantagem, está na simplicidade do método, por não requerer equipamento sofisticado, aumentando a facilidade de conduzir trabalhos para fins comerciais e de investigação.

Recentemente, o aumento do interesse em estudar a eficiência de dietas volumosas, levou a um aumento no uso desta técnica, devido à vantagem de se estudar a cinética de fermentação. O método de produção de gás é mais eficiente quando comparado ao método *in situ*, em avaliar os efeitos de taninos ou de outros fatores anti-nutritivos. No método *in situ* estes fatores são dispersos no rúmen, depois de ser libertados do saco de nylon, e aparentemente não afetam a fermentação no rúmen (MAKKAR et al., 1995). O método de gás *in vitro* controla melhor as interações de nutrientes anti-nutricionais (MAKKAR et al., 1995). Segundo eles o efeito da ligação entre taninos e macromoléculas, sendo elas, proteínas e hidratos de carbono pode gerar problemas com a utilização dos métodos de Tilley e Terry

(1963) e do saco de nylon de Mehrez e Orskov (1977). Além disso, as últimas técnicas se baseiam na avaliação gravimétrica, ou seja, na quantificação dos resíduos pós fermentação, que proporciona a solubilização de tanino, que embora não contribui para a produção de energia (KHAZAAL et al., 1994). Já no método de produção de gás *in vitro*, os efeitos de taninos sobre a fermentação do alimento são refletidos na produção de gás.

Entretanto alguns fatores podem comprometer a fermentação *in vitro* e influenciar a medição de produção de gases tais como: a fonte e preparo do inóculo, composição e preparo do meio, preparo do substrato. Outra limitação da técnica de produção de gás está relacionada, à fração dos gases oriundos do CO₂ resultante do bicarbonato contido no meio de cultura (PELL et al., 1994). A produção de gás reflete o metabolismo da microbiota ruminal, portanto, os estudos com dietas deficientes em nutrientes essenciais ao crescimento microbiano podem trazer informações distorcidas. Dados de produção de gases *in vitro* podem ser úteis quando são complementados com outras informações, como composição química do substrato e/ou sua digestão *in vitro*, para atuar em modelos matemáticos mais complexos que predizem fenômenos relacionados com o funcionamento do rúmen (KRISHNAMOORTHY, 2005). Assim, a interpretação dos dados de produção cumulativa de gás deve ser cautelosa, exigindo modelos que interpretem adequadamente os perfis de degradação de cada alimento.

Mas mesmo assim, poucos trabalhos tem sido feitos para estudar o efeito de proteínas e gorduras na estequiometria da produção de gás. Cone e Van Gelder (1999) relataram uma correlação entre medido e calculado no volume de gás em incubação de amido e glicose com níveis crescentes de caseína. A fermentação de caseína, por exemplo, produz apenas 32% da quantidade de gás produzido por hidratos de carbono. Além disso, Cone e Van Gelder (1999) estimaram que o aumento de um por cento na PB reduz a produção de gás em 2,48 mL g⁻¹ de matéria orgânica (MO). Portanto, é importante realizar novos estudos para investigar as possíveis alterações nos processos fermentativos ruminais que o alto teor de PB possa causar, inclusive realizar testes comparativos entre a produção de gás a partir de diferentes alimentos.

3.2 EMPREGO DE MODELOS MATEMÁTICOS NA CINÉTICA DE DEGRADAÇÃO RUMINAL

O rúmen é um sistema complexo e heterogêneo, formado por digesta líquida e sólida com estratificação deste conteúdo em diferentes camadas, o que torna o processo digestivo nos ruminantes um sistema dinâmico que envolve a entrada e saída de líquidos, microrganismos e resíduos não-digeridos (PEREIRA et al., 2005). A modelagem matemática das funções produtivas, aliada à programação matemática e a avaliação empírica das predições com base nos resultados dos processos digestivos permite a compreensão deste complexo sistema e a formulação de dietas visando melhor desempenho dos animais (VIEIRA et al., 2008).

Estudos pioneiros de modelagem por compartimentos foram conduzidos com o objetivo de traduzir a complexidade dos fenômenos naturais de forma que estes possam ser empregados na predição da realidade. Os conceitos estabelecidos nestes primeiros estudos têm sido aplicados com sucesso na nutrição de ruminantes, pois fornecem um referencial teórico sobre as transformações sofridas pela digesta no trato gastrointestinal (ALLEN e MERTENS, 1988; BLAXTER et al., 1956; ELLIS et al., 1979; FRANCE et al., 1985; MATIS, 1972; VAN MILGEN et al., 1991; SCHOFIELD et al., 1994; WALDO et al., 1972). No entanto, modelos com diferentes estruturas matemáticas podem produzir resultados muito distintos a partir da mesma curva de gás.

O modelo de Brody trata-se de um modelo exponencial não sigmoidal, com três parâmetros que pressupõe a taxa específica de produção de gases proporcionalmente à quantidade de substrato e independente da massa microbiana. Assim, de acordo com Beuvink e Kogut (1993), o ajuste do modelo exponencial para a produção de gases é inferior a todos os outros modelos sigmoides. No entanto, por se tratar de um modelo caracterizado por crescimento exponencial simples, ele pode ser mais hábil em descrever a produção de gases após o ponto de inflexão da fase inicial da curva ou em substratos em que o período de latência não é evidente (“lag time” discreto), considerando $t = 0$ como ponto de inflexão e, dessa forma, podendo-se descrever toda a curva de produção de gases pós-incubação (SOUZA, 2013). Quando as leituras da produção de gases não são frequentes na fase inicial (0-12 horas) pós- incubação, o ponto de inflexão da curva pode não ficar aparente, logo, um modelo não sigmoide descreveria melhor os dados (MELLO et al., 2008),

O modelo não sigmoidal é o modelo exponencial, que é frequentemente utilizado na avaliação de alimentos, empregando a técnica do saco de náilon (ORSKOV e MCDONALD, 1979). Este modelo descreve a cinética de primeira ordem simples, com ou sem uma fase de latência. No caso da produção de gás, a taxa de produção de gás é proporcional à quantidade de gás que ainda está para ser produzido, o que é um reflexo da concentração de substrato.

Entretanto, o ajuste no modelo exponencial para a produção de gases é inferior a todos os outros modelos sigmóides (BEUVINK e KOGUT, 1993). Este modelo descreve uma reação cinética de primeira ordem, com ou sem fase de latência. No caso da produção de gás, a taxa de produção de gás é proporcional à soma de gás que ainda será produzida, o qual reflete a concentração de substrato.

O modelo logístico assume que a taxa de produção de gás é proporcional à atividade microbiana, representada pela soma de gás já produzido e pela concentração do substrato (BEUVINK e KOGUT, 1993). O problema mais sério com a transformação linear e o método da regressão linear na estimativa dos parâmetros cinéticos é o erro na estimativa da fração indigestível (MERTENS, 2005). A definição da fase assintótica é essencial para a estimativa do resíduo indigestível, a fração potencialmente digestível e a taxa de degradação fracional da fibra (MERTENS, 1977).

Já o modelo de Gompertz assume que a taxa de produção de gás é proporcional à atividade microbiana, mas o parâmetro de proporcionalidade diminui com o tempo, de acordo com a cinética de primeira ordem, que podem ser atribuídas à perda de eficiência em taxa de fermentação com o tempo (SCHOFIELD et al., 1994; BEUVINK e KOGUT, 1993). As equações de logística e Gompertz produzem curvas sigmóidal, mas diferem no sentido matemático de limitação do substrato sobre taxa de produção de gás. Tendo em vista os mesmos parâmetros em ambos modelos, o período que antecede um aumento significativo do volume, é mais longo no modelo de Gompertz, mas a taxa sobe mais rápido após esse longo período. Além disso o ponto de inflexão ocorre no início do modelo de Gompertz (ZWIETERING et al., 1992).

3.3 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE AJUSTE DOS MODELOS

A avaliação da adequação do modelo é essencial para o desenvolvimento de estudos em que se pretende determinar a acurácia dos modelos utilizados na nutrição animal. Esta etapa é muito importante, pois dará subsídio para a escolha do melhor modelo. Tedeschi (2006) corrobora o argumento de Forrester (1961) sobre a necessidade de se avaliar a qualidade do ajuste dos modelos matemáticos. A validade de um modelo matemático deve ser julgada pela sua qualidade de ajuste a uma finalidade específica, sendo assim é necessário determinar se o modelo é válido para o conjunto de dados utilizados. A determinação do

poder preditivo de modelos biomatemáticos pode ser realizada eficientemente combinando-se técnicas estatísticas e uma detalhada averiguação sobre a qualidade dos ajustes do modelo ao propósito para o qual foi construído (MERTENS, 1987).

Desta forma, faz-se necessário determinar a concordância entre valores observados e preditos, a precisão, a acurácia e a eficiência do modelo (TEDESCHI, 2006). A seleção do modelo mais apropriado para cada parâmetro ou variáveis testadas devem ser avaliadas pelo cômputo do critério Akaike corrigido (AIC_{cr}) (AKAIKE, 1974; BURNHAM e ANDERSON, 2004).

3.3.1 Critério de informação de Akaike (AIC)

O Critério de Informação de Akaike é um estimador da distância relativa esperada entre dois modelos probabilísticos. Calculado a partir da medida de Kullbac-Leibler (K-L) e permite avaliar com base em sólidos conceitos teóricos sobre a máxima informação e entropia de modelos. Utiliza o princípio da parcimônia na escolha do melhor modelo, ou seja, de acordo com este critério nem sempre o modelo mais parametrizado é o melhor (BURNHAM e ANDERSON, 2004). Menores valores de AIC refletem melhor ajuste (AKAIKE, 1974). Sua expressão é dada por:

$$AIC = -2 \log L(\theta) + 2 p$$

Em que: p é o número de parâmetros e \loglike o valor do logaritmo da função de verossimilhança obtida considerando as estimativas dos parâmetros.

3.3.2 Critério de informação de Akaike corrigido – AIC_{cr}

Utilizando critério de Akaike (1974), Sugiura (1978) propôs o critério de informação de Akaike corrigido, derivando uma variante de segunda ordem do AIC .

$$AICc_r = n_r \ln\left(\frac{SQR}{n_r}\right) + 2\Theta_r + 2\Theta_r \frac{\Theta_r + 1}{n_r - \Theta_r - 1}$$

O $AICc_r$ é calculado pela soma dos quadrados do erro (SQR), número de parâmetros estimados incluindo a variância residual (Θ_r), e o tamanho da amostra (n_r).

As diferenças entre os valores do $AICc_r$ (Δ_r), a probabilidade de verossimilhança (W_r), e a razão de evidência (ER_r), podem ser computadas por meio das equações empregadas por Vieira et al. (2012) para este mesmo fim.

$$\Delta_r = AICc_r - \min AICc_r$$

$$w_r = \frac{\exp(-\Delta_r/2)}{\sum_{r=1}^R \exp(\Delta_r/2)}$$

$$ER_r = \frac{\max w_r}{w_r}$$

Nas equações acima o termo $\min AICc_r$ é o $AICc_r$ mínimo do rol de modelos, \exp é a base natural dos logaritmos e $\max w_r$ é o w_r máximo do rol de modelos (Burnham e Anderson, 2004; Vieira et al., 2012).

Para que os modelos sejam considerados semelhantes em reproduzir o comportamento dos dados observados e reduzir a perda de informação, os valores de Δ_r devem estar entre 0 e 2 (a preferência deve ser ao modelo com o menor número de parâmetros). Valores de Δ_r maiores que 2 e menores ou iguais a 10 significam que o desempenho do modelo foi razoável e valores maiores que 10 indicam que o modelo falhou na reprodução dos dados e na minimização da perda de informação (Burnham e Anderson, 2004; Vieira et al., 2012). Na escolha do melhor modelo, aquele que possuir o valor de $ER_r = 1$ será a melhor escolha, os modelos cujos valores de ER_r forem maiores que 1 e menores ou iguais a 20 serão considerados modelos menos prováveis e aqueles cujo ER_r superar o valor 20 serão as piores escolhas (Vieira et al., 2012).

3.4 FORRAGEIRAS UTILIZADAS NA ALIMENTAÇÃO DE RUMINANTES

A alimentação base dos ruminantes nos diversos sistemas de produção, com exceção das dietas alto grão, é composta por forrageiras, proporcionando menores custos e tornando os sistemas economicamente viáveis (FONSECA et al., 2010). Segundo os autores, estima-se que o custo de produção da pastagem corresponda a 33% quando comparada a outras fontes de alimento, como feno, silagem e concentrados.

A produção animal à pasto, quando comparada com os confinamentos, possui vantagens que vão além dos aspectos econômicos, minimizam os impactos ambientais (BIANCHINI et al., 2007) e proporcionam maior conforto animal e melhores condições de sanidade. Em contrapartida, a estacionalidade de crescimento das gramíneas que ocorre pelas alterações climáticas promovidas pelas estações do ano, podem causar declínio na quantidade e na qualidade das forrageiras, que resulta na necessidade de introduzir estratégias para minimizar os vazios forrageiros e incrementar a alimentação dos ruminantes (SILVA, 2011).

Assim, o uso de pastagens anuais cultivadas tem como objetivo minimizar os efeitos sazonais na produtividade e na qualidade das pastagens em regiões subtropicais, aumentando a sustentabilidade produtiva e econômica (TOMICH et al., 2004). Segundo Souza et al. (2009), as gramíneas aveia preta (*Avena strigosa* Schreb.) e branca (*Avena sativa* L.), azevém (*Lolium multiflorum*) e o trigo (*Triticum aestivum* L.) são indicadas para essas regiões. Rocha et al. (2007b) descrevem que a aveia preta e branca e o azevém são as forrageiras hibernais mais utilizadas na região sul do Brasil para a alimentação animal, por se desenvolverem em baixas temperaturas com bons índices de qualidade e quantidade de massa de forragem. A utilização da consorciação de espécies forrageiras anuais de inverno visa combinar os picos de produção de matéria seca alcançados em diferentes épocas, resultando no aumento da produção e do tempo de utilização das pastagens (ABREU et al., 2005).

As regiões que possuem clima subtropical, com estações bem definidas, índices pluviométricos com volumes satisfatórios e com distribuição regular, permitem a produção de forrageiras durante o ano todo, além de minimizar os períodos de vazio forrageiro. As pastagens hibernais produzem nos períodos de outono e inverno menor massa de forragem, porém com qualidade superior, quando comparada com as pastagens perenes e anuais, que produzem nos períodos de primavera e verão altos volumes de forragem (OLIVO et al., 2009). No período da primavera/verão, o milheto (*Pennisetum americanum*), capim sudão (*Sorghum sudanense*), sorgo (*Sorghum bicolor*), são as forrageiras anuais mais utilizadas na alimentação bovina, pelo alto valor nutritivo e boa capacidade produtiva (OLIVEIRA et al., 2010).

No Brasil, as gramíneas tropicais são as principais pastagens que compõem a alimentação dos bovinos leiteiros e de corte, pelo seu rápido crescimento em condições climáticas favoráveis, produzindo mais de 70% da capacidade total de produção de matéria seca (MS) nas estações primavera/verão (SANTOS et al., 2002). Entre as gramíneas tropicais, as do gênero *Cynodon* se destacam pelo elevado potencial produtivo de forragem com elevada digestibilidade, com ênfase para as cultivares tifton 85, e estrela (SOLLENBERGER et al., 1995). Segundo Hill et al. (1993) a produção de MS do tifton 85 sob corte a cada 28 dias, em parcelas fertilizadas com $200 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de N foi de $18,6 \text{ t. ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, como média de três anos de avaliação. Silva et al. (2013) em experimento realizado na região sudeste do Brasil, durante o período chuvoso, observaram produção dos pastos de tifton 85 de 16 t ha^{-1} sob regime de lotação intermitente com adubação equivalente a 50 kg ha^{-1} de N. Clavijo et al. (2010) determinaram em amostras de tifton 85, proteína bruta (PB) entre 13,7 e 19,7% trabalhando com intervalos de corte de 21 a 35 dias e de 14,6 a 19,2% com alturas de corte de 7,6 e 15,2 cm, durante dois anos de avaliações.

O gênero *Panicum maximum* também possui grande potencial entre as pastagens tropicais. Possui diversas cultivares (cv.) entre elas a cv. mombaça e cv. aruana. Embora o gênero tenha como características a alta capacidade de produção de forragem e valor nutritivo, apresenta estacionalidade de crescimento durante o ano, especialmente nos meses de menores temperaturas, luminosidade e disponibilidade hídrica (EUCLIDES, 1995).

Além da utilização das pastagens de clima temperado ou tropical, anuais ou perenes, algumas alternativas de consórcio com leguminosas podem melhorar ainda mais a eficiência do uso do solo e potencializar o desempenho animal. O consórcio de gramíneas tropicais e temperadas com leguminosas invernais constitui, sem dúvida, uma tecnologia decisiva da dinamização dos processos de produção. Segundo Olivo et al. (2009) a leguminosa tem crescimento com início ascendente e maior participação justamente quando a gramínea possui baixa disponibilidade de lâminas foliares.

O objetivo da utilização de leguminosas é o aumento do período de pastejo e melhoria da produção animal em relação à pastagem de gramínea exclusiva submetida ou não à adubação nitrogenada (ASSMANN et al., 2004). Este benefício é reportado como efeito da participação da leguminosa diversificando a dieta do animal, além de aumentar a disponibilidade de forragem promovida pelo aporte de nitrogênio no sistema, por meio de sua reciclagem e transferência para a gramínea que o acompanha (SANTOS et al., 2002), pois a maior participação de leguminosas no consórcio aumenta significativamente a fixação de N_2 (g N/m^2) no solo (GIERUS et al., 2012). Além disso, a melhora na qualidade de pastagens

consorciadas foi verificada por Fontaneli et al. (2000) que obtiveram média de 27,5% de PB e Rocha et al. (2007) reportaram o valor de 26,1% de fibra em detergente neutro (FDN). Gonzales et al. (1996) observaram aumento na produção de leite entre 1,1 e 1,4 kg de leite/vaca/dia em pastagens de capim estrela consorciado quando comparado ao capim estrela puro, e a produção por área foi aumentada em 14,3% e 13,6% em dois períodos de avaliação.

Diante desses fatos, pode-se afirmar que a avaliação bromatológica de diferentes espécies forrageiras, é de suma importância para que se possa fortalecer as teorias já existentes e conhecer mais detalhadamente o valor nutricional principalmente das forrageiras de clima temperado, para viabilizar a utilização de sistemas mais modernos de avaliação e otimização de dietas, de forma a se obter predições mais acuradas do desempenho animal. Como estes sistemas necessitam das frações de carboidratos e compostos nitrogenados dos alimentos, assim como suas respectivas taxas de degradação, sua utilização efetiva é prejudicada pela insuficiência de dados nutricionais completos sobre as forrageiras cultivadas no Sul do Brasil.

4. DESENVOLVIMENTO

O desenvolvimento desta dissertação foi realizado em um capítulo em forma de artigo formatado nas normas do periódico: Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia (*Brazilian Journal of Veterinary and Animal Science*), ISSN 0102-0935 (impresso) e 1678-4162 (on-line), é editado pela FEPMVZ Editora, CNPJ: 16.629.388/0001-24. (Anexo A).

Avaliação de modelos matemáticos de cinética de degradação ruminal

[*Evaluation of mathematical models of ruminal degradation kinetics*]

J.G. Oliveira^{1*}, D.S. Henrique², L.R.R. Mayer², S.T. Ricacheski², J. Peretti²

¹Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Dois Vizinhos, PR
E-mail: jhon_egleison@hotmail.com*;

²Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos-PR

RESUMO

O trabalho foi realizado para identificar os modelos com melhor ajuste aos perfis de degradação de forrageiras utilizadas na alimentação de ruminantes com o intuito de obter estimativas mais verossímeis dos parâmetros que descrevem a cinética de degradação ruminal. Foram realizados três ensaios, comparando quatro modelos matemáticos (M1, M2, M3 e M4) de cinética de degradação. No ensaio 1, foram utilizadas dez forrageiras, entre elas, três gramíneas de clima temperado, quatro gramíneas de clima tropical e três leguminosas de clima temperado, todas analisadas em triplicatas (30 perfis). Nos ensaios 2 e 3 foi avaliada a aveia IAPAR 126, submetida a quatro níveis de adubação nitrogenada (12 perfis) e quatro intervalos entre cortes respectivamente (12 perfis). Além dos testes de modelagem, foram realizadas análises bromatológicas para obter possíveis correlações com as estimativas dos parâmetros que descrevem a cinética de degradação. A qualidade de ajuste dos modelos aos dados foi verificada por meio do critério de Akaike corrigido (AIC_{C_r}), da diferença entre os valores de AIC_{C_r} (Δ_r), da probabilidade de verossimilhança (W_r) e da verossimilhança relativa (ER_r). O M3 obteve melhor ajuste a 72% dos perfis, o M1 a 22% e o M4 a 6%. Houve correlação positiva entre EE e LDA, EE e PB e entre LDA e PB no ensaio 3 e correlação negativa entre k_2 e aFDN, k_2 e k_1 e entre PB e k_1 . No ensaio 2 houve correlação positiva entre k_1 e k_2 e correlação negativa entre PB e k_1 . O M3 reproduziu estimativas de parâmetros mais verossímeis para forrageiras com maior teor de fibra e menores teores de carboidratos não fibrosos e de proteína. O modelo M1 possui melhor qualidade de ajuste a perfis de produção de gás de forrageiras com maiores teores de carboidratos não fibrosos e baixo conteúdo de lignina.

Palavras-chave: ajuste, modelagem, parâmetros, perfis.

ABSTRACT

The aim of this study was to identify the models which best fit the degradation profiles of some forages used in ruminant nutrition in order to obtain better estimates of the parameters that describe the kinetics of ruminal degradation. It were taken Three trials comparing four mathematical model (M1, M2, M3 and M4) degradation kinetics with different forages. In assay 1 ten forages were used, including three temperate grasses,

four tropical grasses and three temperate legumes, all analyzed in triplicate (30 profiles). In assay 2 and 3 was evaluated oat IAPAR 126, subjected to four levels of nitrogen fertilization (12 profiles) harvest at four different time (12 profiles). In addition to the modeling testing, chemical analysis were taken for possible correlations with the estimates of the parameters describing the kinetics of degradation. The way of the model fit to the data was verified by the corrected Akaike criterion ($AICc_r$) the difference between the $AICc_r$ values (Δ_r), the probability of likelihood (W_r) and the relative likelihood (ER_r). The M3 was the best fit to 72% of the profiles, the M1 to 22% and the M4 to 6%. There was a positive correlation between EE and LDA, EE and PB and between LDA and PB in the assay 3 and negative correlation between k_2 and aFDN, k_2 and k_1 and between PB and k_1 . In trial 2 there was a positive correlation between k_1 and k_2 and negative correlation between PB and k_1 . The M3 results in estimates more credible parameters for forage with higher fiber and lower levels of non-fibrous carbohydrates and protein. The M1 has better quality forage adjust the gas production profiles with higher carbohydrate content not fibrous and lower lignin content.

Keywords: fit, modeling, parameters, profiles.

INTRODUÇÃO

Os perfis de degradação de plantas forrageiras, geralmente, são sigmóides (Van Milgen *et al.*, 1991; Dhanoa *et al.*, 1995; Mertens, 1997). Este perfil é caracterizado por um período inicial de atraso (latência) seguido por um crescimento exponencial que desacelera até atingir uma fase assintótica (Vieira *et al.*, 2008). Como os carboidratos que formam as células vegetais possuem natureza diversa (Van Soest, 1994), Schofield *et al.*, (1994) propuseram um modelo matemático com dois compartimentos para descrever a degradação dos carboidratos no retículo-rúmen em que são consideradas duas taxas de degradação diferentes e uma latência comum aos dois compartimentos.

Entretanto, existe a possibilidade do perfil de degradação se ajustar melhor a outros tipos de modelo, como aqueles que consideram apenas um compartimento podendo apresentar ou não o período de latência, ou ainda modelos de dois compartimentos, sendo um com latência e outro sem latência. Essas variações podem acontecer de acordo com o tipo de forrageira ou com a parte da forrageira (caule, folhas, legumes) que está sendo degradada (Vieira *et al.*, 2012; Abreu *et al.*, 2014), pois o carboidrato fibroso que normalmente possui a taxa de degradação menor do que a do carboidrato não fibroso pode ser menos lignificado e mais digestível e com isso apresentar taxa de degradação semelhante a do carboidrato não fibroso.

Durante o processo digestivo os perfis de fermentação e, conseqüentemente, a produção de gás não ocorrem na mesma proporção. De acordo com Khazaal *et al.* (1995), a incubação de substratos ricos em proteína, resulta na formação de bicarbonato de amônio, por meio da complexação do CO₂ com a amônia, reduzindo assim, a participação de CO₂ na produção total de gás, uma vez que um grama de proteína produz em média 2,48 mL a menos de gás do que um grama de carboidrato digerido (Cone e Van Gelder, 1999). A amônia, oriunda da fermentação da proteína, influencia o equilíbrio do tampão bicarbonato, por capturar íons H⁺ o que diminui a liberação de CO₂ (Cone e Van Gelder, 1999). Esta reação pode causar erros na obtenção dos resultados, pois, teores elevados de proteína bruta no substrato fermentado resultariam na subestimação da taxa de degradação obtida pelo método de produção de gás *in vitro*. Especificamente no caso das forrageiras temperadas esta subestimação pode ocorrer devido ao alto teor de proteína destas plantas (Rocha *et al.*, 2007; Ferolla *et al.*, 2008; 2011; Mondardo *et al.*, 2011).

Portanto, é justificável identificar qual modelo melhor se ajusta ao perfil de degradação de cada forrageira a ser analisada, para se obter estimativas mais verossímeis de suas taxas de degradação ruminal, bem como determinar os possíveis efeitos que a composição química da planta pode exercer sobre as estimativas dos parâmetros dos modelos matemáticos que descrevem a cinética de degradação ruminal.

MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo foi conduzido conforme normas da Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) referente ao protocolo nº 2014-008, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (Anexo B).

O trabalho foi conduzido em Dois Vizinhos localizado no terceiro planalto paranaense, região sudoeste do Paraná com altitude de 520 m, latitude de 25°44' Sul e longitude de 54°04' Oeste. O clima desta região é subtropical úmido mesotérmico, tipo Cfa, com temperaturas no mês mais quente superior a 22°C e no mês mais frio inferior a 18°C de acordo com a classificação de Köppen (Alvares *et al.*, 2013), o solo da região é caracterizado como Nitossolo Vermelho Distroférico típico (Ribas, 2010).

Foram realizados três ensaios, comparando quatro modelos matemáticos de cinética de degradação ruminal.

No ensaio 1 foram utilizadas as forrageiras: aveia branca IPR 126 (*Avena sativa* IAPAR 126), aveia preta IPR 61 (*Avena strigosa* IAPAR 61 Ibiporã), azevém (*Lolium multiflorum* Lam.) cultivar comum, trevo branco (*Trifolium repens* L.), cornichão (*Lotus corniculatus* L.), ervilhaca comum (*Vicia sativa* L.) e estrela africana (*Cynodon plectosfachyum*), tifton-85 (*Cynodon* ssp) capim aruana (*Panicum maximum*) e sorgo forrageiro Jumbo (*Sorghum bicolor* x *Sorghum sudanense*). Como cada forrageira teve números de corte e anos de colheita distintos, optamos por utilizar apenas material, colhidos no segundo corte (Tab. 1). A colheita dos materiais foi manual, com auxílio de tesoura e quadrado de 0,50 x 0,50 m. A adubação nitrogenada na forma de ureia (45% de nitrogênio) foi dividida em duas aplicações, 50% no perfilhamento e o restante após o primeiro corte das forrageiras.

Para determinação das características bromatológicas o material foi seco em estufa com ventilação forçada à 55 °C por 72 horas, e moído em moinho tipo Wiley, até passagem de todo o material em peneira de 1 mm, para posterior armazenamento em potes plástico com tampa tipo rosca.

Tabela 1. Informações de manejo adotado para cada forrageira avaliada no ensaio 1.

Forrageira	Ano de colheita	Altura (cm)	Adubação nitrogenada ^a	Corte	Resíduo (cm)
Aruana	2013	35	120	segundo	20
Aveia 126	2013	25	120	segundo	10
Aveia 61	2011	25	120	segundo	10
Azevém	2012	25	120	segundo	10
Cornichão	2012	20	120	segundo	10
Ervilhaca	2013	30	120	segundo	20
Estrela	2012	25	120	segundo	10
Sorgo	2012	75	150	segundo	20
Tifton 85	2013	25	120	segundo	10
Trevo	2012	20	120	segundo	10

^akg ha⁻¹ de nitrogênio por ano.

As análises de fibra em detergente neutro (aFDNom) foram feitas segundo o método AOAC 2002.04 (Mertens *et al.*, 2002), fibra em detergente ácido (FDA) e na sequência lignina em detergente ácido (LDA) pelo método AOAC 973.18, (Moller, 2009), proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN), proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA) e proteína insolúvel em ácido tricloroacético (PITCA) de acordo com Licitra *et al.*, (1996), a determinação da matéria seca (MS) com o método 967.03 (AOAC, 1998), matéria mineral (MM) de acordo com o método 942.05, (AOAC, 1998) e a proteína bruta (PB) foi determinada com o método 2001.11 (AOAC, 2001; Thiex *et al.*, 2002), incluindo ensaios de recuperação com $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ e lisina – HCl. O extrato etéreo (EE) foi determinado de acordo com método 920.39 (AOAC, 2002).

Foram calculadas as frações nitrogenadas (A, B₁, B₂ e C) de acordo com Licitra, *et al.*, (1996). A fração A (compostos nitrogenados não proteicos) foi obtida pela diferença entre PB e PITCA. A fração B₁ (proteína do conteúdo celular) foi obtida pela diferença entre PITCA e PIDN. A diferença entre o PIDN e o PIDA gerou a fração B₂, que representa a proteína potencialmente degradável existente na parede celular das plantas. A fração C compreende as proteínas que não são degradadas no rúmen e estão associadas à lignina, taninos e produtos da reação de Maillard, representada pelo valor de PIDA (Licitra *et al.*, 1996).

Os carboidratos totais (CT) e suas frações foram calculados conforme Sniffen *et al.* (1992), sendo, $\text{CT} = 100 - (\text{PB} + \text{EE} + \text{MM})$. A fração A' composta por açúcares solúveis prontamente degradáveis (CHO's) foi determinada por meio da técnica do fenol sulfúrico a 5%, conforme Dubois *et al.*, (1956). A fração B'₁, que compreende os carboidratos não-fibrosos (amido e pectina) com fermentação intermediária, foi obtida pela equação: $B'_1 = \text{CT} - (A' + B'_2 + C')$. A fração B'₂ correspondente aos carboidratos fibrosos (celulose e hemicelulose) com lenta taxa de degradação, foi obtida pela diferença entre a aFDNom e a fração de fibra indigestível C'. A fração C', que representa a fibra indigerível, parte indegradável dos componentes fibrosos presentes na parede celular, composta principalmente pela lignina e carboidratos a ela associados, foi estimada por meio da multiplicação do teor de lignina pelo fator 2,4 (Sniffen *et al.*, 1992).

Para as incubações *in vitro* foram utilizadas três repetições laboratoriais que geraram três perfis de produção de gás para cada forrageira. O preparo do meio de cultura foi realizado de acordo com Goering e Van Soest, (1970), em seguida o preparo do inóculo e da incubação seguiram as recomendações de Hall e Mertens, (2008). O inóculo ruminal foi obtido de dois novilhos holandeses fistulados com massa corporal de aproximadamente 450 kg, mantidos em pastagem de aveia IPR 61 e suplementados durante oito dias com silagem de milho e um kg dia⁻¹ de milho moído conforme recomendações de Abreu *et al.* (2014). O equipamento para aferir a pressão e o volume de gás foi semelhante ao descrito por Malafaia *et al.* (1999) com algumas modificações (Abreu *et al.*, 2014). As leituras de pressão e de volume foram realizadas após 1, 2, 3, 6, 8, 10, 12, 16, 20, 24, 30, 36, 48, 72, 96, 120 e 144 horas de incubação. As leituras de volume foram expressas em mL × 0,1 g⁻¹ de MS incubada.

Nos ensaios 2 e 3 foram utilizados dados de dois experimentos realizados com a forrageira aveia IPR 126, com quatro tratamentos e três repetições (Tab. 2), num delineamento inteiramente casualizado. Foram utilizadas somente amostras provenientes do segundo corte da pastagem.

Tabela 2. Informações de manejo para cada experimento dos ensaios 2 e 3.

Trat.	Ano de colheita	Altura (cm)	Adubação nitrogenada ^c	Resíduo (cm)	Corte
Ensaio 2					
N0 ^a	2013	25	0	10	segundo
N60 ^a	2013	25	60	10	segundo
N120 ^a	2013	25	120	10	segundo
N240 ^a	2013	25	240	10	segundo
Ensaio 3					
D14 ^b	2012	34	60	10	segundo
D21 ^b	2012	31	60	10	segundo
D28 ^b	2012	32	60	10	segundo
D35 ^b	2012	34	60	10	segundo

^a0, 60, 120 e 240 são os níveis de adubação nitrogenada, expressos em kg ha⁻¹.

^b14, 21, 28, 28 e 35 são os dias de intervalo entre corte.

^c kg de nitrogênio ha⁻¹ ano.

A determinação das análises bromatológicas do ensaio 2 foram as mesmas do ensaio 1, com exceção da análise de PITCA que não foi realizada e da fibra que foi expressa como aFDN (Mertens *et al.*, 2002). No ensaio 3 foram feitas as análises de MS, MM, PB, EE, aFDN e LDA. As incubações *in vitro* nos ensaios 2 e 3 foram mantidas até 96 horas.

Os modelos matemáticos de cinética de produção de gases testados foram propostos por Zwietering *et al.* (1990) e Schofield *et al.* (1994):

$$V_t = V_f[1 - \exp(-kt)] + \varepsilon; \quad (\text{M1})$$

$$V_t = V_f \exp\{-\exp[1 + ke(L - t)]\} + \varepsilon; \quad (\text{M2})$$

$$V_t = V_{f1}[1 - \exp(-k_1t)] + V_{f2} \exp\{-\exp[1 + k_2e(L - t)]\} + \varepsilon; \quad (\text{M3})$$

$$V_t = V_{f1} \exp\{-\exp[1 + k_1e(L - t)]\} + V_{f2} \exp\{-\exp[1 + k_2e(L - t)]\} + \varepsilon; \quad (\text{M4})$$

Em todos os modelos V_t é a produção cumulativa de gases em função do tempo (t, h). Os modelos 1 (M1) e 2 (M2) são unicompartmentais com produção assintótica de gás V_f , sendo que o M1 descreve uma cinética de degradação exponencial de primeira ordem, sem latência, enquanto o M2 é logístico com latência discreta (L). Em ambos k (h^{-1}) é a taxa de degradação do substrato considerando apenas um compartimento. Os modelos 3 (M3) e 4 (M4) são bicompartimentais, possuindo um compartimento de rápida e outro de lenta degradação no rúmen, em que V_{f1} e V_{f2} representam o volume de gás assintótico desses dois compartimentos, respectivamente. O parâmetro k_1 é a taxa de degradação específica da fração de rápida digestão e o k_2 da fração de lenta digestão (h^{-1}). Para M3 e M4 a fração de lenta digestão (segundo compartimento) é representada por uma função de crescimento logística com latência, enquanto a fração de rápida digestão (primeiro compartimento) é representada por uma função exponencial de primeira ordem sem latência no M3 e por uma função logística com latência no M4. Resumidamente o M3 é a combinação de M1 (para o primeiro compartimento) com M2 (para o segundo compartimento) e o M4 é a soma de dois M2. O termo e é a base dos logaritmos naturais e ε é o erro aleatório. A tempo média de digestão (TMD, h) para cada modelo pode ser calculada como segue: TMD = $1/k$ para M1; TMD = $1/k + L$ para M2; e TMD = $1/k_1 + 1/k_2 + L$ para M3 e M4.

No ensaio 1 os modelos M1, M2, M3 e M4 foram ajustados a cada perfil de produção cumulativa de gás gerado pela fermentação das triplicatas das 10 forrageiras, totalizando 120 ajustes. Nos ensaios 2 e 3 foram ajustados apenas os modelos M1, M3 e M4 para cada repetição totalizando 36 ajustes por ensaio.

A linearidade entre o volume e a pressão observados nas leituras de produção de gás (Theodorou *et al.*, 1994) foi verificada por meio do método de regressão robusta do SAS 9.4. Os parâmetros dos diferentes modelos não lineares (M1 a M4) foram estimados pelo algoritmo de Marquardt do procedimento NLIN do SAS 9.4. A verossimilhança dos modelos M1 a M4 em reproduzir o perfil de produção de gás foi conferida pelo cômputo do critério de Akaike corrigido ($AICc_r$); (Akaike, 1974; Burnham e Anderson, 2004; Vieira *et al.*, 2012). O $AICc_r$ foi calculado a partir da soma dos quadrados dos resíduos (SQR), número de parâmetros do modelo estimados incluindo o erro aleatório (Θ_r) e tamanho da amostra (n_r). A diferença entre os valores de $AICc_r$ (Δ_r), a probabilidade de verossimilhança (W_r) e a verossimilhança relativa (ER_r) foram calculados usando as seguinte equações:

$$AICc_r = n_r \ln \left(\frac{SQR}{n_r} \right) + 2\Theta_r + 2\Theta_r \frac{\Theta_r + 1}{n_r - \Theta_r - 1}$$

$$\Delta_r = AICc_r - \min AICc_r$$

$$w_r = \frac{\exp(-\Delta_r/2)}{\sum_{r=1}^R \exp(\Delta_r/2)}$$

$$ER_r = \frac{\max w_r}{w_r}$$

Nas equações acima o termo $\min AICc_r$ é o $AICc_r$ mínimo do rol de modelos, \exp é a base natural dos logartimos e $\max w_r$ é o w_r máximo do rol de modelos (Burnham e Anderson, 2004; Vieira *et al.*, 2012).

Para que os modelos sejam considerados semelhantes em reproduzir o comportamento dos dados observados e reduzir a perda de informação, os valores de Δ_r devem estar entre 0 e 2 (a preferência deve ser ao modelo com o menor número de

parâmetros). Valores de Δr maiores que 2 e menores ou iguais a 10 significam que o desempenho do modelo foi razoável e valores maiores que 10 indicam que o modelo falhou na reprodução dos dados e na minimização da perda de informação (Burnham e Anderson, 2004; Vieira *et al.*, 2012). Na escolha do melhor modelo, aquele que possuir o valor de $ERr = 1$ será a melhor escolha, os modelos cujos valores de ERr forem maiores que 1 e menores ou iguais a 20 serão considerados modelos menos prováveis e aqueles cujo ERr superar o valor 20 serão as piores escolhas (Vieira *et al.*, 2012).

Foi realizado teste de normalidade nos ensaios 2 e 3 para as variáveis EE, aFDN, LDA, PB e para os parâmetros k_1 e k_2 do modelo M3. Quando não houve distribuição normal foi aplicada a transformação de Box Cox e posteriormente testada a correlação de Pearson.

RESULTADOS

A pressuposição de linearidade entre a pressão e o volume dos gases (Fig. 1.), testada por meio da regressão robusta, foi significativa ($P < 0,0001$). Esta relação linear foi proposta para averiguar a precisão do equipamento.

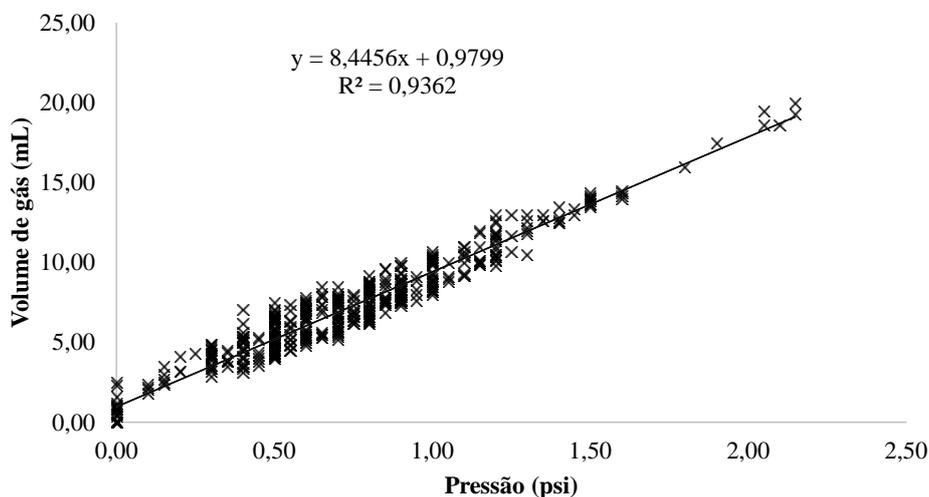


Figura 1. Regressão robusta do volume em função da pressão.

A pressão máxima não deve ultrapassar 7 psi, pois, acima deste valor a pressuposição de relação linear entre pressão e volume é violada (Theodorou *et al.*, 1994). Neste trabalho os valores de pressão foram todos inferiores a 2,5 psi (Fig. 1).

Tabela 3. Diferença entre os valores de AICcr (Δ_r), e verossimilhança relativa (ERr) dos modelos no ensaio 1.

Espécie	Rep.	Modelo 1		Modelo 2		Modelo 3		Modelo 4	
		Δ_r	ER _r	Δ_r	ER _r	Δ_r	ER _r	Δ_r	ER _r
Aruana	1	0,00	1,00	44,64	4,9x10 ⁹	36,43	8,1x10 ⁷	18,43	1x10 ⁴
Aruana	2	9,28	103,65	51,91	1,9x10 ¹¹	0,00	1,00	27,51	9,43x10 ⁵
Aruana	3	19,37	1,61x10 ⁴	52,82	2,9x10 ¹¹	0,00	1,00	24,54	2,1x10 ⁵
Aveia 126	1	11,92	386,86	32,51	1,1x10 ⁷	0,00	1,00	8,59	73,19
Aveia 126	2	9,98	146,92	21,97	5,9x10 ⁴	2,66	3,79	0,00	1,00
Aveia 126	3	8,87	84,41	26,80	6,61x10 ⁵	0,00	1,00	8,40	66,62
Aveia 61	1	0,00	1,00	31,10	5,67x10 ⁶	1,87	2,55	9,87	139,17
Aveia 61	2	2,93	4,34	10,30	172,86	3,90	7,02	0,00	1,00
Aveia 61	3	0,00	1,00	32,55	1,2x10 ⁷	7,10	34,84	17,97	7,99x10 ³
Azevém	1	20,70	3,12x10 ⁴	62,32	3,4x10 ¹³	0,00	1,00	38,44	2,2x10 ⁸
Azevém	2	16,90	4,68x10 ³	54,72	7,6x10 ¹¹	0,00	1,00	24,89	2,53x10 ⁵
Azevém	3	10,92	234,83	47,45	2x10 ¹⁰	0,00	1,00	25,55	353,62
Cornichão	1	23,53	1,29x10 ⁵	60,82	1,6x10 ¹³	0,00	1,00	34,44	3x10 ⁷
Cornichão	2	11,46	307,46	50,82	1,1x10 ¹¹	0,00	1,00	32,61	1,2x10 ⁷
Cornichão	3	7,59	44,54	42,96	2,1x10 ⁹	0,00	1,00	13,87	1025,03
Ervilhaca	1	0,00	1,00	32,60	1,2x10 ⁷	3,29	5,19	13,70	945,16
Ervilhaca	2	20,29	2,56x10 ⁴	50,22	8x10 ¹⁰	0,00	1,00	26,05	4,55x10 ⁵
Ervilhaca	3	17,13	5,26x10 ³	50,82	1,1x10 ¹¹	0,00	1,00	31,45	6,76x10 ⁶
Estrela	1	25,16	2,9x10 ⁵	60,16	1,2x10 ¹³	0,00	1,00	28,24	1,36x10 ⁶
Estrela	2	13,02	672,10	55,08	9,1x10 ¹¹	0,00	1,00	27,88	1,13x10 ⁶
Estrela	3	32,26	1 x 10 ⁷	58,99	6,5x10 ¹²	0,00	1,00	22,05	6,15x10 ⁴
Sorgo	1	0,00	1,00	40,42	6x10 ⁸	8,09	57,09	26,01	4,55x10 ⁵
Sorgo	2	1,76	2,41	35,02	4x10 ⁷	0,00	1,00	21,94	5,81x10 ⁴
Sorgo	3	0,00	1,00	34,42	3x10 ⁷	3,29	5,18	23,13	1,05x10 ⁵
Tifton 85	1	33,36	1,8 x 10 ⁷	53,93	5,1x10 ¹¹	0,00	1,00	28,27	1,37x10 ⁶
Tifton 85	2	37,13	1,2 x 10 ⁸	56,37	1,7x10 ¹²	0,00	1,00	27,78	1,08x10 ⁶
Tifton 85	3	17,27	5,63x10 ³	40,06	5x10 ⁸	0,00	1,00	20,91	3,47x10 ⁴
Trevo	1	6,37	24,17	44,46	4,5x10 ⁹	0,00	1,00	29,23	2,22x10 ⁶
Trevo	2	0,00	1,00	39,43	3,7x10 ⁸	19,42	16,48	22,58	8,02x10 ⁴
Trevo	3	0,00	1,00	38,62	2,4x10 ⁸	14,29	1,27x10 ³	19,47	1,69x10 ⁴

O M1 foi considerado a melhor escolha (ER=1) em doze perfis, dos quais oito pertencem ao ensaio 1 (Tab. 3), um pertence ao ensaio 2 e três pertencem ao ensaio 3 (Tab. 4). Em outros quatro perfis (um do ensaio 1 e três do ensaio 2) o M1 teve valores de $\Delta_r \in [0, 2]$, além de apresentar $ER \in (1, 20]$ e $\Delta_r \in (2, 10]$ em um perfil do ensaio 1 e um perfil do ensaio 2 (Tab. 3 e 4).

Tabela 4. Diferença entre os valores de AICcr (Δ_r), e verossimilhança relativa (ERr) dos modelos (M1, M3 e M4) no ensaio 2 e 3.

Tratamento	Rep.	Modelo 1		Modelo 3		Modelo 4	
		Δ_r	ER _r	Δ_r	ER _r	Δ_r	ER _r
N0 ^a	1	26,60	5,98x10 ⁵	0,00	1,00	37,42	1,3x10 ⁸
N0 ^a	2	0,00	1,00	14,80	1,64x10 ³	15,83	2,74x10 ³
N0 ^a	3	25,26	3,06x10 ⁵	0,00	1,00	38,72	2,6x10 ⁸
N60 ^a	1	28,01	1,26x10 ⁶	0,00	1,00	38,52	2,3x10 ⁸
N60 ^a	2	14,17	1,19x10 ³	0,00	1,00	36,20	7,3x10 ⁷
N60 ^a	3	22,45	7,51x10 ⁴	0,00	1,00	40,03	4,9x10 ⁸
N120 ^a	1	11,82	368,11	0,00	1,00	37,35	1,3x10 ⁸
N120 ^a	2	23,81	1,48x10 ⁵	0,00	1,00	38,99	2,9x10 ⁸
N120 ^a	3	16,95	4,78x10 ³	0,00	1,00	32,00	8,9x10 ⁶
N240 ^a	1	10,49	189,95	0,00	1,00	31,34	6,4x10 ⁶
N240 ^a	2	4,42	9,12	0,00	1,00	29,21	2,21x10 ⁶
N240 ^a	3	25,88	4,16x10 ⁵	0,00	1,00	34,63	3,3x10 ⁷
D14 ^b	1	0,47	1,26	0,00	1,00	3,35	5,33
D14 ^b	2	0,20	1,10	0,00	1,00	6,26	22,90
D14 ^b	3	0,00	1,00	2,12	2,90	8,16	59,16
D21 ^b	1	31,81	8,07x10 ⁶	3,89	6,98	0,00	1,00
D21 ^b	2	6,77	29,58	0,00	1,00	6,53	26,23
D21 ^b	3	7,61	44,89	0,00	1,00	6,31	23,43
D28 ^b	1	12,83	612,06	0,00	1,00	5,39	14,80
D28 ^b	2	14,23	1,23x10 ³	0,00	1,00	3,33	5,30
D28 ^b	3	13,82	1x10 ³	0,00	1,00	5,49	15,53
D35 ^b	1	0,00	1,00	3,52	5,82	9,42	110,98
D35 ^b	2	0,27	1,15	0,00	1,00	5,05	12,50
D35 ^b	3	0,00	1,00	3,18	4,91	11,57	325,85

^a0, 60, 120 e 240 são os níveis de adubação nitrogenada (ensaio 2), expressos em kg ha⁻¹

^b14, 21, 28, 28 e 35 são os dias de intervalo entre corte, (ensaio 3).

Os perfis em que o M1 foi considerado a melhor escolha no ensaio 1 foram: a repetição 1 da aruana e da ervilhaca, as repetições 1 e 3 da aveia 61 e do sorgo e as repetições 2 e 3 do trevo (Tab. 3). Sendo que na repetição 2 do sorgo esse modelo teve ajuste semelhante ao do M3 ($\Delta r < 2$) (Tab. 3).

No ensaio 2 o M1 foi a melhor escolha apenas na repetição 2 do tratamento N0 (Tab. 4). No ensaio 3 o M1 foi a melhor escolha na repetição 3 do tratamento D14 e nas repetições 1 e 3 do tratamento D35. Nas outras repetições destes mesmos tratamentos o M1 obteve ajuste com qualidade semelhante ao M3 ($\Delta r < 2$) (Tab. 4).

Todos os ajustes do M2 aos perfis do ensaio 1 resultaram em valores de $ER > 20$ e $\Delta r > 10$ (Tab. 3). Por isso, ele não foi testado nos ensaios 2 e 3.

O M3 foi o que melhor se ajustou ($ER=1$) a 39 perfis de um total de 54. Sendo vinte perfis do ensaio 1, onze perfis do ensaio 2 e oito perfis do ensaio 3. Este modelo obteve $\Delta r \in [0, 2]$ em dois perfis, sendo um do ensaio 1 e outro do ensaio 2. Além disso, obteve $ER \in (1, 20]$ e $\Delta r \in (2, 10]$ em seis perfis, sendo um perfil no ensaio 1 (Tab. 3), outro no ensaio 2 e quatro perfis no ensaio 3 (Tab. 4). Dos perfis que o M3 se ajustou melhor no ensaio 1, um era do sorgo, um era do trevo, dois eram do capim aruana, dois da aveia 126, dois da ervilhaca e todos os perfis do azevém, do cornichão, do capim estrela e do tifton 85 (Tab. 3). A convergência do M3 falhou em seis ajustes, sendo um da aruana, um da aveia 126, dois da aveia 61 e dois do trevo (Tab. 3). Na repetição 1 da aveia 61 o M3 teve ajuste semelhante ao do M1 ($\Delta r < 2$) (Tab. 3).

No ensaio 2, os únicos perfis nos quais o M3 não foi considerado a melhor escolha pertenciam à repetição 2 dos tratamentos N0 e N240 (Tab. 4). No ensaio 3 o ajuste do M3 não foi o melhor em apenas três perfis, na repetição 3 do tratamento D14 e nas repetições 1 e 3 do tratamento D35 (Tab. 4).

O M4 foi considerado a melhor escolha em três perfis ($ER=1$): na repetição 2 das aveias 126 e 61 no ensaio 1 (Tab. 3), e na repetição 1 do tratamento D21 do ensaio 3 (Tab. 4) e obteve $ER \in (1, 20]$ e $\Delta r \in (2, 10]$ em cinco perfis do ensaio 3 (Tab. 4).

Após a avaliação da qualidade de ajuste pelo $AICc_r$, foi verificado se os valores paramétricos estavam condizentes com as teorias vigentes sobre a explicação biológica destes parâmetros. Neste sentido, foi observado em quais perfis os valores de k_1 eram menores que k_2 . Apesar de ter sido o modelo com o melhor ajuste na grande maioria das

curvas de produção de gás, em 13 perfis (quatro do ensaio 1, e nove do ensaio 3) o valor de k_1 foi menor que k_2 para o M3 (Tab. 5 e 6).

Tabela 5. Valores dos parâmetros estimados pelos modelos 1, 3 e 4 do ensaio 1.

Forrageira	Rep.	Modelo 1		Modelo 3					Modelo 4				
		Vf ^a	k ^b	Vf ₁ ^a	Vf ₂ ^a	k ₁ ^b	k ₂ ^b	L ^c	Vf ₁ ^a	Vf ₂ ^a	k ₁ ^b	k ₂ ^b	L ^c
Aruana	1	30,3	0,029	-	-	-	-	-	6,7	23,0	0,092	0,016	1,652
Aruana	2	30,0	0,030	18,6	11,6	0,048	0,012	6,656	7,1	22,5	0,087	0,016	1,483
Aruana	3	27,6	0,036	20,3	9,2	0,053	0,009	9,234	12,3	16,3	0,059	0,012	0,801
Aveia 126	1	24,2	0,054	9,1	16,5	0,017	0,053	0,571	18,5	6,8	0,054	0,010	1,064
Aveia 126	2	24,6	0,066	7,1	-	-	-	-	6,1	20,2	0,008	0,062	0,919
Aveia 126	3	24,8	0,059	9,8	15,4	0,030	0,057	0,558	19,4	5,9	0,056	0,012	0,877
Aveia 61	1	26,1	0,049	25,2	1,6	0,053	0,030	79,838	18,4	8,7	0,050	0,011	0,630
Aveia 61	2	22,5	0,064	6,9	-	-	-	-	19,2	4,8	0,055	0,007	0,665
Aveia 61	3	26,5	0,050	25,6	-	-	-	-	18,8	8,3	0,048	0,012	0,266
Azevém	1	29,8	0,057	28,5	2,3	0,062	0,023	68,494	16,7	13,6	0,073	0,018	0,646
Azevém	2	26,7	0,057	21,4	6,2	0,076	0,013	3,778	9,6	17,3	0,120	0,024	0,668
Azevém	3	27,0	0,044	19,3	7,7	0,036	0,053	1,436	14,1	12,8	0,061	0,017	1,570
Cornichão	1	25,8	0,058	22,3	5,1	0,071	0,008	1,895	10,0	16,2	0,111	0,024	0,595
Cornichão	2	27,2	0,060	25,5	4,9	0,066	0,005	26,325	12,1	15,3	0,090	0,024	0,553
Cornichão	3	25,8	0,060	22,2	4,9	0,072	0,009	0,000	8,2	17,7	0,152	0,026	0,729
Ervilhaca	1	25,1	0,056	24,4	1,2	0,059	0,260	94,302	17,8	7,9	0,055	0,013	0,364
Ervilhaca	2	23,2	0,061	18,5	6,0	0,082	0,010	0,000	7,6	15,8	0,158	0,026	0,552
Ervilhaca	3	24,2	0,058	21,1	5,1	0,070	0,007	2,342	11,7	12,8	0,082	0,020	0,256
Estrela	1	26,8	0,032	12,8	14,2	0,077	0,014	7,879	6,4	20,3	0,100	0,016	1,230
Estrela	2	26,2	0,037	19,3	7,6	0,052	0,011	6,772	18,5	7,7	0,018	0,092	1,245
Estrela	3	23,0	0,038	10,0	13,4	0,119	0,016	7,069	5,9	17,3	0,136	0,018	0,809
Sorgo	1	27,9	0,037	23,8	3,8	0,038	0,025	0,000	7,4	20,0	0,076	0,020	1,118
Sorgo	2	27,9	0,039	20,7	7,2	0,035	0,037	0,488	12,7	14,9	0,054	0,017	1,211
Sorgo	3	28,2	0,038	22,0	6,1	0,036	0,032	0,000	8,2	19,5	0,070	0,020	1,145
Tifton 85	1	32,6	0,026	9,0	22,2	0,138	0,019	10,877	4,0	27,3	0,176	0,017	1,721
Tifton 85	2	33,3	0,026	8,5	23,1	0,163	0,018	9,233	4,2	28,0	0,193	0,017	1,360
Tifton 85	3	31,8	0,024	8,5	21,5	0,098	0,017	9,230	3,5	26,5	0,145	0,017	2,234
Trevo	1	27,0	0,063	25,3	5,4	0,068	0,004	10,100	16,0	11,3	0,069	0,020	0,077
Trevo	2	27,3	0,062	-	-	-	-	-	16,0	11,7	0,071	0,020	0,208
Trevo	3	26,2	0,066	-	-	-	-	-	12,1	13,4	0,090	0,024	0,311

^a Vf, Vf₁, e Vf₂ são os volumes máximo de gás produzido pela degradação da fração solúvel de rápida digestão e fração insolúvel potencialmente degradável de digestão lenta respectivamente, expressos em mL 0,1 g⁻¹ de MS.

^bk₁, k₂ e k, são as taxas específicas de produção de gás pela degradação da fração solúvel de rápida digestão, fracção insolúvel potencialmente degradável de digestão lenta, expressos em h⁻¹.

^cL representa a latência, expresso em h.

O mesmo foi observado para o M4, porém em apenas três perfis (dois do ensaio 1 e um do ensaio 3) (Tab. 5 e 6).

Tabela 6. Valores dos parâmetros estimados pelos modelos 1, 3 e 4 do ensaio 2 e 3.

Trat.	Rep.	Modelo 1		Modelo 3					Modelo 4				
		Vf ^c	K ^d	Vf ₁ ^c	Vf ₂ ^c	k ₁ ^d	k ₂ ^d	L ^e	Vf ₁ ^c	Vf ₂ ^c	k ₁ ^d	k ₂ ^d	L ^e
N0 ^a	1	27,9	0,083	24,0	6,2	0,102	0,011	3,007	13,4	15,3	0,123	0,028	0,231
N0 ^a	2	26,1	0,071	15,9	10,7	0,132	0,022	0,000	10,2	16,2	0,123	0,028	0,334
N0 ^a	3	26,8	0,079	22,8	5,7	0,097	0,013	0,680	11,8	15,5	0,125	0,029	0,249
N60 ^a	1	26,5	0,077	22,1	6,3	0,098	0,013	2,385	12,0	15,1	0,120	0,027	0,258
N60 ^a	2	25,8	0,071	24,2	4,8	0,078	0,007	22,118	13,0	13,2	0,096	0,025	0,481
N60 ^a	3	27,1	0,073	23,8	4,5	0,088	0,014	6,945	12,2	15,4	0,113	0,027	0,476
N120 ^a	1	25,3	0,069	24,1	52,8	0,074	0,002	125,700	13,1	12,6	0,089	0,024	0,418
N120 ^a	2	25,7	0,067	23,1	5,1	0,078	0,009	10,903	13,3	13,1	0,090	0,022	0,438
N120 ^a	3	25,1	0,071	22,4	4,1	0,084	0,012	9,514	12,5	13,2	0,100	0,025	0,479
N240 ^a	1	25,2	0,067	23,3	3,6	0,075	0,009	13,612	12,4	13,2	0,093	0,024	0,553
N240 ^a	2	24,8	0,069	23,5	7,7	0,074	0,004	34,870	11,4	13,7	0,100	0,027	0,507
N240 ^a	3	28,0	0,073	19,6	9,4	0,115	0,021	3,653	10,5	18,0	0,143	0,029	0,344
D14 ^b	1	21,9	0,062	8,9	13,8	0,028	0,059	0,279	16,3	6,3	0,061	0,014	0,751
D14 ^b	2	30,0	0,062	14,2	16,2	0,038	0,059	0,207	8,3	22,4	0,015	0,060	0,633
D14 ^b	3	25,9	0,056	13,9	12,1	0,040	0,052	0,043	17,8	8,3	0,056	0,016	0,617
D21 ^b	1	27,8	0,046	26,4	20,7	0,003	0,045	0,696	20,4	9,3	0,048	0,009	1,429
D21 ^b	2	26,0	0,053	12,4	14,7	0,026	0,055	0,671	17,7	8,9	0,058	0,014	1,204
D21 ^b	3	26,9	0,048	12,5	15,1	0,026	0,049	0,660	18,5	8,8	0,052	0,013	1,213
D28 ^b	1	25,8	0,049	14,5	15,1	0,015	0,058	1,018	16,5	10,8	0,062	0,012	1,753
D28 ^b	2	25,0	0,052	14,7	16,9	0,009	0,057	1,151	17,4	9,4	0,061	0,011	1,829
D28 ^b	3	25,4	0,054	12,2	16,8	0,014	0,058	0,954	17,9	8,9	0,061	0,012	1,546
D35 ^b	1	27,4	0,053	26,5	2,0	0,057	0,039	65,848	15,6	12,7	0,072	0,016	1,208
D35 ^b	2	27,3	0,055	25,9	4,5	0,061	0,015	58,555	15,8	12,8	0,075	0,016	1,184
D35 ^b	3	26,7	0,051	25,7	2,0	0,055	0,042	64,906	14,6	12,9	0,071	0,016	1,213

^a0, 60, 120 e 240 são os níveis de adubação nitrogenada (ensaio 2), expressos em kg ha⁻¹.

^b14, 21, 28, 28 e 35 são os dias de intervalo entre corte (ensaio 3).

^cVf, Vf₁, e Vf₂ são os volumes máximo de gás produzido pela degradação da fração solúvel de rápida digestão e fração insolúvel potencialmente degradável de digestão lenta respectivamente, expressos em mL 0,1 g⁻¹ de MS.

^dk₁, k₂ e k, são as taxas específicas de produção de gás pela degradação da fração solúvel de rápida digestão, fração insolúvel potencialmente degradável de digestão lenta, expressos em h⁻¹.

^eL representa a latência, expresso em h.

Devido à discrepância entre a qualidade de ajuste do modelo, em que o M3 foi o melhor, e a consistência entre os valores estimados para os parâmetros, em que o M4

obteve resultado superior, decidimos fazer mais avaliações relacionadas à consistência teórica dos valores paramétricos. Então, calculamos o coeficiente de variação (CV%) dos parâmetros e o TMD do M3 e do M4 para cada forrageira do ensaio 1 e cada tratamento dos ensaios 2 e 3 (Tab. 7).

Tabela 7. Coeficiente de Variação (CV%) dos parâmetros e do tempo médio de digestão (TMD) do modelo 3 (M3) e do modelo 4 (M4).

Forrageira	Modelo 3						Modelo 4					
	Vf ₁ ^c	Vf ₂ ^c	k ₁ ^d	k ₂ ^d	L ^e	TMD ^e	Vf ₁ ^c	Vf ₂ ^c	k ₁ ^d	k ₂ ^d	L ^e	TMD ^e
Aruana	22,55	26,99	16,75	44,36	89,96	30,73	36,06	18,30	22,44	14,16	34,33	16,21
Aveia 126	16,22	12,46	43,85	3,53	86,62	28,70	50,74	73,07	69,33	106,12	10,30	17,26
Aveia 61	55,70	172,22	31,63	93,20	147,01	151,84	1,91	29,51	6,51	26,33	42,50	24,42
Azevém	20,78	52,47	35,55	71,76	154,90	44,45	26,47	16,59	37,03	18,48	54,85	20,02
Cornichão	7,96	2,15	4,15	28,79	156,08	38,44	19,03	7,41	26,65	6,69	14,70	9,29
Ervilhaca	13,90	62,08	16,35	157,55	166,95	24,02	41,25	32,75	54,37	31,87	38,37	36,57
Estrela	34,00	30,76	40,77	20,73	7,91	22,65	69,29	43,69	71,72	103,57	22,63	5,99
Sorgo	7,18	29,79	3,61	17,93	173,21	8,03	30,25	15,38	17,56	8,50	4,15	10,91
Tifton	3,17	4,82	24,78	4,84	9,49	5,86	8,89	2,75	14,38	0,69	24,78	2,17
Trevo	20,94	27,03	22,89	65,90	173,21	98,33	12,44	10,31	15,09	11,45	59,18	11,21
N0 ^a	20,85	36,47	17,06	39,25	128,32	31,49	13,37	3,23	1,29	2,31	20,32	2,08
N60 ^a	4,88	18,57	11,17	35,57	98,55	44,51	4,08	8,00	11,20	4,20	31,54	5,71
N120 ^a	3,74	134,75	6,55	64,91	136,91	97,05	3,48	2,38	6,57	5,49	7,01	5,16
N240 ^a	9,91	42,89	27,02	76,33	91,76	73,61	8,26	17,63	24,16	9,21	23,51	11,57
D14 ^b	24,25	14,50	18,18	7,32	68,42	11,13	36,13	70,98	57,89	85,34	10,93	5,26
D21 ^b	47,13	20,09	71,77	10,26	2,70	106,82	7,21	2,76	9,52	21,72	9,93	21,30
D28 ^b	10,01	6,13	25,28	0,78	9,65	24,12	4,17	9,84	1,03	6,90	8,56	5,90
D35 ^b	1,57	51,53	5,02	46,53	6,29	16,73	4,09	0,90	2,79	2,35	1,27	1,43

^a0, 60, 120 e 240 são os níveis de adubação nitrogenada (ensaio 2), expressos em kg ha⁻¹.

^b14, 21, 28, 28 e 35 são os dias de intervalo entre corte (ensaio 3).

^cVf₁ e Vf₂ são os volumes máximo de gás produzido pela degradação da fração solúvel de rápida digestão e fração insolúvel potencialmente degradável de digestão lenta respectivamente, expressos em mL 0,1 g⁻¹ de MS.

^dk₁ e k₂ são as taxa específica de produção de gás pela degradação da fração solúvel de rápida digestão e fração insolúvel potencialmente degradável de digestão lenta, expressos em h⁻¹.

^eL representa a latência e TMD é o tempo médio de digestão, expressos em h.

Dessa forma, foi possível observar que os CV% menores eram encontrados ora para o M3 ora para o M4, indicando um comportamento aleatório para quase todos os

parâmetros (Tab. 7). As exceções à aleatoriedade foram: os parâmetros k_2 e L do M4 que tiveram o menor CV% em oito tratamentos do ensaio 1, todos os tratamentos do ensaio 2 e três tratamentos do ensaio 3 (Tab. 7). Apesar do mesmo número de vezes em que estes dois parâmetros obtiveram o menor CV% em cada ensaio, isso não ocorreu simultaneamente em todos os perfis; o TMD que é calculado a partir das estimativas dos parâmetros k_1 , k_2 e L apresentou o menor CV% em oito tratamentos do ensaio 1 e em todos os tratamentos dos ensaios 2 e 3 (Tab. 7).

Diante de algumas incoerências nas estimativas dos parâmetros k_1 e k_2 obtidos do M3, foi necessário investigar possíveis correlações destes parâmetros com as variáveis bromatológicas. Para este teste foi escolhido apenas os ensaios 2 e 3 pelo fato de ambos relacionar a mesma espécie forrageira, evitando assim interpretações indevidas com comparações simultâneas de espécies distintas. As variáveis EE, aFDN, LDA, PB dos ensaios 2 e 3 apresentaram distribuição normal, assim como o parâmetro k_1 . Apenas o parâmetro k_2 do ensaio 3 teve distribuição diferente da normal, sendo portanto, normalizado pela transformação de Box-Cox para que se pudesse proceder o teste de correlação de Pearson (Tab. 8).

Tabela 8. Correlação de Pearson entre variáveis bromatológicas e as estimativas de k_1 e k_2 do M3 do ensaio 3.

	EE	aFDN	LDA	PB	k_1	# k_2
EE		-0,47	0,58*	0,92***	-0,58	0,38
aFDN			-0,33	-0,42	0,29	-0,73**
LDA				0,59*	-0,28	0,17
PB					-0,65*	0,44
k_1						-0,66*
# k_2						

^aEE, extrato etéreo; MM, matéria mineral (cinzas); aFDN, fibra em detergente neutro; LDA, lignina em detergente ácido; PB, proteína bruta; k_1 , taxa de degradação específica da fração solúvel em detergente neutro; k_2 , taxa de degradação específica da fração insolúvel em detergente neutro (#estimativa do parâmetro foi normalizada pela transformação de Box-Cox).

*Significativo ($p < 0,05$), **Significativo ($p < 0,01$), ***Significativo ($p < 0,001$).

Houve correlação positiva entre EE e LDA, EE e PB, LDA e PB e negativa entre k_2 e aFDN, k_2 e k_1 e entre PB e k_1 para o M3 do ensaio 2 (Tab. 8). No ensaio 2

houve correlação positiva entre k_1 e k_2 e correlação negativa entre PB e k_1 para o M3 (Tab. 9).

Tabela 9. Correlação de Pearson entre variáveis bromatológicas e as estimativas de k_1 e k_2 do M3 do ensaio 2.

	EE	aFDN	LDA	PB	k_1	k_2
EE		-0,28	0,30	0,41	-0,31	-0,18
aFDN			-0,35	-0,25	0,01	-0,12
LDA				0,55	-0,48	-0,28
PB					-0,58*	-0,33
k_1						0,90***
k_2						

^aEE, extrato etéreo; MM, matéria mineral (cinzas); aFDN, fibra em detergente neutro; LDA, lignina em detergente ácido; PB, proteína bruta; k_1 , taxa de degradação específica da fração solúvel em detergente neutro; k_2 , taxa de degradação específica da fração insolúvel em detergente neutro.

*Significativo ($p < 0,05$), **Significativo ($p < 0,01$), ***Significativo ($p < 0,001$).

DISCUSSÃO

O M1 é um modelo unicompartimental que representa a taxa de fermentação como sendo proporcional apenas à disponibilidade de substrato, ou seja, ela seria independente da biomassa microbiana (Schofield *et al.*, 1994). As estimativas deste modelo descrevem o processo de digestão como um perfil cinético de primeira ordem e sem latência. Esperávamos que este modelo se ajustasse bem a todas as gramíneas de clima temperado em que o teor de fibra normalmente é menor e a digestibilidade é maior do que das forrageiras tropicais (Van Soest, 1994) e assim poderia haver um perfil de degradação em que não seria possível identificar dois compartimentos distintos, pois as frações solúvel e insolúvel em detergente neutro não seriam tão diferentes em relação à degradação ruminal. Como pode ser observado na Tabela 10 o teor de fibra (aFDN_{om}) das aveias 126 e 61, cornichão, ervilhaca e trevo são mais baixos do que os da aruana, sorgo, capim estrela e tifton 85, enquanto a fibra do azevém

Tabela 10. Média e intervalo de confiança (IC) das variáveis bromatológicas do ensaio 1.

FORAGEIRA	PB ^a	NNP ^a	PIDN ^a	PIDA ^a	Mas	MM ^a	EE ^a	aFDNom ^a	CHO's ^a	LDA ^a
Aruana	152,5 ± 5,60	36,5 ± 4,93	76,4 ± 6,17	13,8 ± 1,43	927,0 ± 1,48	85,1 ± 2,79	23,4 ± 1,11	661,2 ± 2,05	27,9 ± 0,71	46,5 ± 0,88
Aveia 126	344,3 ± 0,87	224,5 ± 17,30	78,3 ± 15,70	9,5 ± 0,75	882,9 ± 0,96	98,9 ± 3,55	41,1 ± 1,55	408,1 ± 0,22	54,8 ± 6,5	17,4 ± 2,06
Aveia 61	357,0 ± 13,51	226,1 ± 24,79	74,9 ± 1,47	6,8 ± 1,58	857,1 ± 0,39	98,0 ± 3,41	36,0 ± 0,56	427,3 ± 10,93	36,9 ± 3,75	15,6 ± 1,41
Azevém	186,3 ± 14,78	67,6 ± 16,46	93,0 ± 2,78	12,3 ± 0,75	855,6 ± 5,56	104,4 ± 4,5	31,1 ± 1,02	509,2 ± 5,50	109,2 ± 7,15	23,6 ± 1,59
Cornichão	282,1 ± 14,71	47,7 ± 20,60	84,3 ± 6,84	22,3 ± 2,29	861,6 ± 1,65	94,1 ± 2,04	40,9 ± 1,16	254,4 ± 6,83	82,4 ± 12,54	58,6 ± 2,33
Ervilhaca	263,7 ± 8,47	52,4 ± 13,62	100,5 ± 17,7	21,5 ± 0,77	880,9 ± 6,08	93,2 ± 0,71	36,2 ± 0,48	321,1 ± 4,30	40,1 ± 2,51	49,8 ± 2,35
Estrela	221,8 ± 7,76	66,8 ± 10,47	111,5 ± 0,07	17,2 ± 1,33	878,5 ± 5,28	87,7 ± 1,51	20,0 ± 0,61	597,8 ± 8,50	24,9 ± 1,63	41,8 ± 0,78
Sorgo	220,0 ± 6,46	45,5 ± 3,39	103,8 ± 4,15	11,7 ± 0,75	867,0 ± 2,01	61,3 ± 2,01	27,8 ± 0,50	595,5 ± 28,76	72,6 ± 8,98	29,8 ± 0,79
Tifton 85	163,8 ± 3,11	61,4 ± 4,55	79,5 ± 5,95	11 ± 0,67	907,3 ± 1,97	79,0 ± 3,53	25,2 ± 0,53	658,5 ± 0,96	47,0 ± 7,97	29,4 ± 4,01
Trevo	301,4 ± 0,38	49,4 ± 16,97	118,1 ± 6,20	17,5 ± 0,81	851,6 ± 1,61	113,4 ± 3,47	43,5 ± 0,78	291,4 ± 11,51	125,3 ± 8,75	28,3 ± 3,55

^aPB, proteína bruta; NNP, nitrogênio não proteico; PIDN, proteína insolúvel em detergente neutro; PIDA, proteína insolúvel em detergente ácido; MS, matéria seca; MM, matéria mineral; EE, extrato etéreo; aFDNom, fibra em detergente neutro; CHO's, carboidratos solúveis; LDA, lignina.

^ag kg⁻¹ de MS.

possui um valor intermediário.

O teor de lignina (Tab. 10) das aveias também é aparentemente mais baixo do que o das outras forrageiras, sendo das gramíneas tropicais e do azevém intermediário e o das leguminosas mais alto (com exceção do trevo). Por isso, acreditávamos que não haveria diferenças significativas na taxa de degradação específica das frações solúvel e insolúvel em detergente neutro das aveias 126 e 61, o que resultaria em um ajuste melhor dos modelos unicompartimentais sem latência (M1) ou com latência (M2). Mas, o M1 ajustou-se melhor aos perfis de produção de gás da aveia 61, do sorgo e do trevo e não foi a melhor escolha para aveia 126 (Tab. 3). A composição química da aveia 61 foi muito semelhante a da aveia 126 (Tab. 10), portanto, não temos uma explicação plausível sobre a diferença entre elas quanto ao melhor ajuste dos modelos.

Em relação ao melhor ajuste do M1 ao sorgo, observamos que a razão entre CHO's e NNP (A'/A) foi aproximadamente um (1,09), enquanto para o tifton 85 foi 0,90 e para o capim estrela e para a aruana foram 0,37 e 0,61, respectivamente. A razão entre essas frações representa parcialmente a disponibilidade de fontes de nitrogênio e carboidrato solúvel para a microbiota (Yari *et al.*, 2012) nos tempos iniciais de fermentação, o que resultaria em melhor sincronização desses nutrientes no rúmen (Fox *et al.*, 2004), facilitando a fermentação e reduzindo a latência na digestão dos carboidratos não fibrosos. Além disso, o sorgo possui a maior concentração de CNF dentre as gramíneas tropicais estudadas (Tab. 11), o que também pode ter contribuído para o melhor ajuste do M1.

O M2 é um modelo que descreve um perfil de produção de gás, também de primeira ordem, com apenas um compartimento. Entretanto, acomoda uma latência discreta observada empiricamente em vários perfis de degradação (Schofield *et al.*, 1994) como os observados por Malafaia *et al.* (1999) ao estudar a cinética de produção de gás de diversas gramíneas tropicais. No entanto, nenhum dos perfis observados no presente trabalho tinha uma latência discreta bastante visível (Fig. 2). Provavelmente por isso, o M2 não se ajustou bem em nenhum perfil do ensaio 1 e em todos os ajustes deste modelo, sem exceção, o valor estimado para latência foi igual a zero (dados não mostrados). O bom ajuste do M3 às gramíneas tropicais tifton 85 (Fig. 2e,f), capim estrela e aruana era esperado, devido ao conteúdo superior de fibra em comparação às

forrageiras temperadas (Tab. 10) e à menor digestibilidade da fibra das tropicais (Van Soest, 1994).

Tabela 11. Fracionamento dos carboidratos e compostos nitrogenados do ensaio 1.

Forrageira	Frações de Proteína				Frações de Carboidrato							
	A ^a	B ₁ ^a	B ₂ ^a	C ^a	A' ^b	B' ₁ ^b	B' ₂ ^b	C' ^b	CNF ^c	CF ^c	CT ^c	
Aruana	45,5	30,6	62,6	13,76	27,9	50,0	549,5	111,7	77,9	661,2	739,1	
Aveia 126	226,1	39,9	68,8	9,49	54,8	52,9	366,3	41,7	107,7	408,1	515,8	
Aveia 61	226,3	55,8	68,1	6,77	36,9	44,7	389,8	37,5	81,6	427,3	509,0	
Azevém	36,5	56,8	80,7	12,26	109,2	59,8	452,6	56,6	168,9	509,2	678,2	
Cornichão	49,4	148,4	62,0	22,34	82,4	246,1	113,7	140,6	328,6	254,4	582,9	
Ervilhaca	47,7	115,5	79,0	21,49	40,1	245,6	201,5	119,6	285,7	321,2	606,9	
Estrela	67,6	42,7	94,3	17,16	24,9	47,8	542,9	100,4	27,4	643,2	670,6	
Sorgo	66,8	49,3	92,1	11,73	72,6	22,9	570,2	71,5	49,3	641,7	691,0	
Tifton	52,4	31,9	68,5	10,98	47,0	26,4	631,9	70,6	29,5	702,5	732,0	
Trevo	61,4	121,9	100,6	17,52	125,3	125,1	223,3	68,0	250,3	291,4	541,7	

^aA, B₁, B₂ e C, nitrogênio não proteico; fração rapidamente degradável no rúmen; fração potencialmente degradável no rúmen e fração não degradável no rúmen respectivamente.

^bA', B'₁, B'₂ e C', açúcares solúveis, fração de rápida degradação (amido e pectina), porção digestível da parede celular, fração indigestível da parede celular.

^cCNF, CF e CT, carboidratos não fibrosos, carboidratos fibrosos e carboidratos totais respectivamente.

^{a, b, c} g kg⁻¹ de MS.

Essas características causariam um perfil de degradação em que teríamos dois compartimentos distintos, que poderiam estar relacionados às frações de maior e menor degradabilidade ruminal (Schofield, 2000) o que justificaria o bom desempenho de um modelo bicompartimental com latência no compartimento que representa a fração de menor degradabilidade.

O ajuste do M3 também foi superior para o cornichão (Fig. 2c;d) e para a maioria dos perfis da ervilhaca, ambas leguminosas de clima temperado, com teores de LDA e PIDA mais altos entre as espécies estudadas (Tab. 10). Segundo Cabral *et al.* (2000), o aumento da fração C e redução dos CNF podem diminuir a disponibilidade de energia para os microrganismos fermentadores de carboidratos fibrosos e não-fibrosos.

A lignina limita o potencial máximo de degradação da parede celular vegetal e possui alta correlação com o NIDA (Van Soest, 1994).

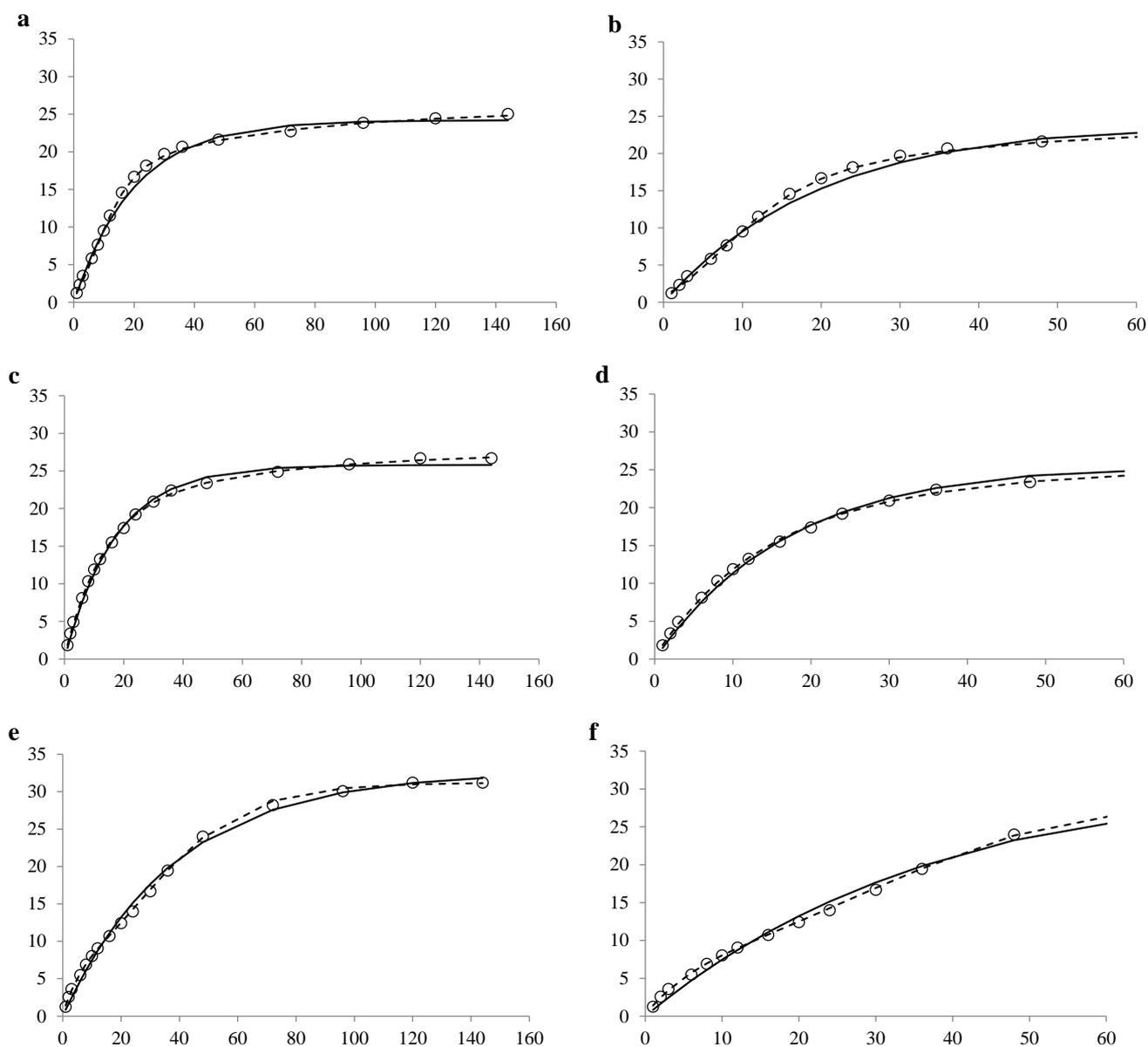


Figura 2. Perfis ajustados aos dados observados. Eixo x - Tempo de incubação (h); Eixo y – Volume de gás produzido (mL $0,1g^{-1}$ de MS). Perfis da aveia 126 (painel a;b), perfis do cornichão (painel c;d) e perfis do tifton 85 (painel e;f). Valores observados (\circ), ajuste do M1 (linha solid) e ajuste do M3 (linha tracejada).

Portanto, apesar de serem forrageiras de clima temperado, essas leguminosas possuem características químicas que reduziram a degradabilidade da fibra de forma a ter um perfil de degradação com os dois compartimentos distintos. Em contrapartida, o trevo, cujo teor de lignina foi o menor entre as leguminosas (Tab. 10), teve dois perfis

cujo melhor ajuste foi o do M1 e apenas um perfil com melhor ajuste ao M3 (Tab. 3). Provavelmente, o trevo possui melhor degradabilidade por conter baixo conteúdo de fibra e alta quantidade de CNF, de forma que seu perfil de produção de gás possa ser bem descrito por um modelo unicompartmental.

O M3 também foi considerado a melhor escolha para o azevém, que apesar de ser uma forrageira de clima temperado teve composição química muito semelhante a das pastagens tropicais avaliadas, principalmente nos valores de aFDNom, LDA e PB (Tab. 10). Ao contrário do que esperávamos, o M3 se ajustou melhor do que os outros modelos em dois perfis da aveia 126 (Fig. 2a;b), enquanto o M4 se ajustou melhor a um perfil desta forrageira. Assim como observamos para a aveia 61, acreditávamos que o alto valor nutritivo e degradabilidade ruminal da fibra da aveia 126 resultaria em um ajuste mais adequado dos modelos unicompartmentais M1 ou M2.

Apesar do melhor ajuste do M3 à maioria dos perfis da aveia 126 e a todos os perfis do azevém, observamos algumas inconsistências em relação aos valores paramétricos estimados com os perfis destas gramíneas temperadas. Por exemplo, todas as estimativas de k_1 do M3 da aveia 126 estão menores do que k_2 (Tab. 5) e como o compartimento 1 está associado à fração de maior degradabilidade, sua taxa de degradação específica (k_1) deveria ser maior que do compartimento 2 (k_2). Este problema também aconteceu na repetição 2 da aveia 61 (em que o ajuste do M3 falhou) e na repetição 3 do azevém (Tab. 5). Enquanto, nas gramíneas tropicais em que o M3 se ajustou melhor (aruana, capim estrela e tifton 85) isso não ocorreu em nenhum dos perfis (Tab. 5).

Nos ensaios 2 e 3, em que se estudou exclusivamente a aveia 126, o M3 também se ajustou melhor à grande maioria dos perfis (Tab. 4). No entanto, o valor de k_1 foi menor do que de k_2 em quase todos os perfis do ensaio 3, com exceção das três repetições do tratamento D35 (Tab. 6). Outra peculiaridade do D35 é que o M1 ao invés do M3, se ajustou bem à maioria dos perfis deste tratamento (Tab. 4). A média do teor de PB do D35 é de 150 g kg^{-1} enquanto os outros tratamentos do ensaio 3 tiveram média de PB acima de 200 g kg^{-1} (Tab. 12). Essa diferença se justifica pela maior idade ao corte no tratamento D35. Portanto, calculamos a relação nitrogênio:carboidrato total (N:CT, g de N kg^{-1} de CT) e verificamos que o valor para o D35 ficou entre 27 e 37, ou seja, muito próximo do valor ótimo para o crescimento microbiano de $32 \text{ g de N kg}^{-1}$ de

CT (Sinclair *et al.*, 1991), por isso o melhor ajuste ocorreu com o modelo unicompartmental sem período de latência.

Tabela 12. Média e intervalo de confiança (IC) 95% das variáveis bromatológicas do ensaio 3.

Análises	Tratamentos			
	D14 ^a	D21 ^a	D28 ^a	D35 ^a
MS ^b	105,4 ± 8,35	116,0 ± 8,7	180,2 ± 5,89	208,5 ± 69,69
EE ^c	38,82 ± 6,15	50,16 ± 6,31	32,82 ± 6,60	26,52 ± 1,99
MM ^c	101,2 ± 18,09	103,8 ± 8,08	66,6 ± 11,46	57,4 ± 23,37
MO ^c	898,8 ± 18,09	896,2 ± 8,08	933,4 ± 11,46	942,6 ± 23,37
aFDN ^c	460,0 ± 45,98	515,3 ± 50,07	567,5 ± 49,09	627,7 ± 429,5
LDA ^c	28,5 ± 6,89	29,6 ± 9,1	19,3 ± 24,30	17,9 ± 15,31
PB ^c	238,0 ± 52,3	285,6 ± 50,05	201,2 ± 70,94	153,4 ± 43,76
CT ^c	622,0 ± 64,31	560,4 ± 57,34	699,3 ± 79,12	762,7 ± 64,65
CNF ^c	158,1 ± 21,10	45,1 ± 106,88	131,9 ± 90,31	135,0 ± 475,85
CF ^c	460,0 ± 45,98	515,3 ± 50,07	567,5 ± 49,09	627,7 ± 429,5

^a14, 21, 28, 28 e 35 são os dias de intervalo entre corte (ensaio 3).

^bMS, matéria seca, expressos g kg⁻¹ de matéria verde.

^cEE, extrato etéreo; MM, matéria mineral; MO, matéria orgânica; aFDN, fibra em detergente neutro; LDA, lignina; PB, proteína bruta; CT, carboidratos totais; CNF, carboidratos não fibrosos e CF, carboidratos fibrosos expressos em g kg⁻¹ de massa pré-seca.

Contudo, a mesma proporção calculada para os outros tratamentos do ensaio 3 variou de 38 a 92 g de N kg⁻¹ de CT. Um excesso de nitrogênio no rúmen causa um descompasso entre as fontes de energia e compostos nitrogenados que pode interferir negativamente na fermentação microbiana (Jonker, *et al.*, 2011). Outra relação que pode ser calculada é a razão entre nitrogênio e matéria orgânica (N:MO, g de N kg⁻¹ de MO) que segundo Czerkawski (1986) deve ser de aproximadamente 25 g de N kg⁻¹ de MO. No tratamento D35 essa relação teve média de 26 com desvio padrão de ± 3,2, enquanto nos outros tratamentos do ensaio 3 as médias foram de 35 a 51 g de N kg⁻¹ de MO. Portanto, existe uma evidência de que a alta concentração de compostos nitrogenados em relação à disponibilidade de energia disponibilizada à microbiota pela aveia 126

causou alterações no perfil de fermentação que atrapalharam o ajuste adequado dos modelos matemáticos nos tratamentos D14, D21 e D28 do ensaio 3.

Cone e Van Gelder (1999) afirmam que a produção de gás da fração solúvel é influenciada negativamente pela fermentação da proteína, causando uma redução de 2,48 mL na produção total de gás para cada porcentagem de PB do substrato. Neste contexto, decidimos testar a correlação entre a PB e as estimativas das taxas de degradação (k_1 e k_2) do M3 e encontramos uma correlação significativa e negativa entre PB e k_1 tanto no ensaio 2 quanto no 3 (Tab. 8 e 9). O efeito negativo da PB na estimativa de k_1 ocorreu, pois, devido à fermentação da proteína ocorrer em maior proporção na fase inicial da degradação ela interfere apenas na produção de gás da fração de maior degradabilidade (Cone e Van Gelder, 1999). O k_2 está relacionado à fração de degradação mais lenta e por isso não sofreu influência da fermentação da PB (Tab. 8 e 9)

No ensaio 1 não se verificou qualquer correlação entre PB e k_1 (dados não mostrados), provavelmente por terem sido estudadas espécies diferentes de forrageiras em que outros fatores além da PB podem ter influenciado nas estimativas dos parâmetros.

A correlação negativa entre k_2 e aFDN encontrada no ensaio 3, mas não encontrada no ensaio 2, se deve provavelmente à maior variação dos teores de aFDN entre os tratamentos do ensaio 3 (Tab. 12) em que foi estudado o efeito do intervalo entre cortes, enquanto no ensaio 2 a aveia 126 foi cortada com a mesma idade em todos os tratamentos, por isso os teores de aFDN foram mais homogêneos (Tab. 13).

No ensaio 2 todas as estimativas de k_1 foram maiores do que de k_2 , conforme o esperado, tanto para o M3 quanto para o M4 (Tab. 6). No entanto, observamos valores paramétricos mais coerentes para o M4, ou seja, menor CV% para os parâmetros dos tratamentos do ensaio 2. As duas únicas exceções foram em relação ao CV% do k_1 dos tratamentos N60 e N120 que foram menores para o M3 (Tab. 7). Além disso, se calcularmos a razão k_1/k_2 encontramos valores com menor variação para o M4 ($3,6 \leq k_1/k_2 \leq 4,9$) em comparação ao M3 ($5,5 \leq k_1/k_2 \leq 31,7$), ou seja, uma proporção mais homogênea entre as taxas de degradação específica das frações de rápida e lenta digestão encontradas nos diferentes tratamentos. Como no ensaio 2 variou-se apenas o

nível de adubação nitrogenada é de se esperar que a qualidade nutricional das plantas não variasse muito, com exceção do teor de PB (Tab. 13).

Tabela 13. Média e intervalo de confiança (IC) 95% das variáveis bromatológicas do ensaio 2.

Análises	Tratamentos			
	N0 ^a	N60 ^a	N120 ^a	N240 ^a
MS ^b	148,4 ± 170,97	155,1 ± 148,29	104,6 ± 122,22	163,9 ± 341,53
EE ^c	25,8 ± 14,4	27,0 ± 28,23	31,3 ± 13,76	27,1 ± 15,10
MM ^c	83,6 ± 14,37	83,8 ± 14,23	96,3 ± 16,05	91,1 ± 29,71
MO ^c	916,4 ± 14,37	916,2 ± 14,23	903,7 ± 16,05	908,9 ± 29,71
aFDN ^c	451,9 ± 122,45	459,1 ± 70,58	462,9 ± 63,53	446,2 ± 77,38
LDA ^c	45,9 ± 34,1	58,6 ± 36,37	55,4 ± 16,74	52,1 ± 3,85
PB ^c	223,0 ± 52,73	240,3 ± 34,24	262,2 ± 18,39	273,5 ± 12,49
CHO's ^c	126,6 ± 60,54	104,4 ± 45,63	89,7 ± 29,68	99,0 ± 53,81
PIDN ^c	23,2 ± 12,74	25,2 ± 22,59	18,6 ± 12,38	26,1 ± 29,55
PIDA ^c	4,3 ± 5,33	4,9 ± 2,77	7,0 ± 7,98	5,6 ± 5,41
CT ^c	667,6 ± 8099	648,9 ± 56,53	610,2 ± 34,29	608,3 ± 56,98
CNF ^c	215,8 ± 113,95	189,8 ± 14,9	147,2 ± 29,72	162,1 ± 115,23
CF ^c	451,9 ± 122,45	459,1 ± 70,58	462,9 ± 63,53	446,2 ± 77,38

^a0, 60, 120 e 240 são os níveis de adubação nitrogenada (ensaio 2), expressos em kg ha⁻¹.

^bMS, matéria seca, expresso em g kg⁻¹ de matéria verde.

^cEE, extrato etéreo; MM, matéria mineral; MO, matéria orgânica; aFDN, fibra em detergente neutro; LDA, lignina; PB, proteína bruta; CHO's, carboidratos solúveis; PIDN, proteína insolúvel em detergente neutro; PIDA, proteína insolúvel em detergente ácido; CT, carboidratos totais; CNF, carboidratos não fibrosos e CF, carboidratos fibrosos, expressos em g kg⁻¹ de pré-seca.

Então, apesar da indiscutível superioridade de ajuste do M3 (Tab. 4) aos perfis do ensaio 2, seria questionável optar por um modelo que resulta em estimativas de L variando de 0,0 a 125,7 horas para a mesma forrageira, cortada com a mesma idade (Tab. 6), ou CV% de até 97,05% para o TMD (Tab. 7). Em contrapartida, as estimativas de L do M4 variaram de 0,23 a 0,55 horas (Tab. 6) e o CV% do TMD foi de no máximo 11,57% (Tab. 7).

No ensaio 1 o menor CV% dos parâmetros k_2 e L do M4 ocorrido na maioria das forrageiras, resultou também em menor CV% do TMD do M4 (Tab. 7). Contudo, nas gramíneas tropicais capim estrela e tifton 85, os CV% da L e do TMD foram menores para o M3 (Tab. 7) o que confirma a superioridade deste modelo para estas gramíneas.

CONCLUSÕES

O modelo M3 se ajusta melhor e resulta em estimativas de parâmetros mais verossímeis para forrageiras com maior teor de fibra e menores teores de carboidratos não fibrosos e de proteína. O modelo M1 possui melhor qualidade de ajuste a perfis de produção de gás de forrageiras com maiores teores de carboidratos não fibrosos e baixo conteúdo de lignina.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Dois Vizinhos (UTFPR) por disponibilizar a área experimental, bem como laboratórios e todos os reagentes necessários para o desenvolvimento das análises laboratoriais. E agradecimento especial à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de mestrado concedida durante todo o período no Programa de Pós Graduação em Zootecnia.

REFERÊNCIAS

ABREU, M.L.C.; VIEIRA, R.A.M.; ROCHA, N.S. *et al.* Clitoria ternatea L. as a potential high quality forage legume. *Asian Australas. J. of Anim. Sci.*, v.27, p.169-178, 2014.

AKAIKE, H. A new look at the statistical model identification. *IEEE Trans. Autom. Control* v.19, p.716–723, 1974.

ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C. *et al.* Koppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*. v.10, p.0941-2948, 2013.

BURNHAM, K.P.; ANDERSON, D.R. Multimodel inference: understanding AIC and BIC in model selection. *Sociol. Methods Res.* v.33, p.261–304, 2004.

CABRAL, L.S.; FILHO, S.C.V.; MALAFAIA, P.A.M. *et al.* Frações de Carboidratos de Alimentos Volumosos e suas Taxas de Degradação Estimadas pela Técnica de Produção de Gases. *Rev. Bras. Zootec.*, v.29, p.2087-2098, 2000.

CONE, J.W.; VAN GELDER, A.H. Influence of protein fermentation on gas production profiles. *Anim. Feed Sci. Tech.*, v.76, p.251-264, 1999.

CZERKAWSKI, J.W. *An Introduction to Rumen Studies*. Pergamon Press Ltd., Oxford, 1986.

DHANOVA, M.S.; FRANCE, J.; SIDDON, R.C. *et al.* A nonlinear compartmental model to describe forage degradation kinetics during incubation in polyester bags in the rumen. *Brit. J. Nutr.*, v.73, p.3–15, 1995.

DUBOIS, M.; GILLES, K.A.; HAMILTON, J.K. *et al.* Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Analytical Biochemistry*, v.28, p.350-356, 1956.

FOX, D.G.; TEDESCHI, L.O.; TYLUTKI, T.P. *et al.* The Cornell Net Carbohydrate and Protein System model for evaluating herd nutrition and nutrient excretion. *Anim. Feed Sci. Tech.* v.112, p.29-78, 2004.

GOERING, H.K.; VAN SOEST, P.J. *Forage fiber analysis*. Agricultural handbook n.379. U.S.D.A., Washington, 1970.

HALL, M.B.; MERTENS, D.R. *In vitro* fermentation vessel type and method alter fiber digestibility estimates. *J. Dairy Sci.* v.91, p.301-307, 2008.

JONKER, A.; GRUBER, M.Y.; WANG, Y. *et al.* Modeling degradation ratios and nutrient availability of anthocyanidin-accumulating Lc-alfalfa populations in dairy cows. *J. Dairy Sci.* v.94, p.1430–1444, 2011.

KHAZAAL K. A.; DENTINO, M.T.; RIBERRIO, J.M. *et al.* Prediction of apparent digestibility and voluntary feed intake of hays fed to sheep: Comparison between using fiber component, *in vitro* digestibility or characteristics of gas production or nylon bag degradation. *Anim. Sci.*, v.61, p.527-538, 1995.

LICITRA, G.; HERNANDEZ, T.M.; VAN SOEST, P.J. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. *Anim. Feed Sci. and Tech.*, v.57, n.4, p.347-358, 1996.

MALAFAIA, P.A.M.; FILHO VALADARES; S.C.V.; VIEIRA, R.A.M. Kinetic parameters of ruminal degradation estimated with a non-automated system to measure gas production. *Livest. Prod. Sci.* v.58, p.65-73, 1999.

MERTENS, D.R. Dietary fiber components: relationship to the rate and extent of ruminal digestion. *Fed. Proc.*, v.36, p.187–192, 1997.

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

MOLLER, J. Gravimetric determination of acid detergent fiber and lignin and feed: interlaboratory study. *J. of AOAC Inter.*, v.92, n.1, p.74-90, 2009.

MONDARDO, D.D.C.; OLIVEIRA, P.S.R.; ZOZ, T. *et al.* Produção e composição químico-bromatológica da aveia preta fertilizada com doses crescentes de dejetos suíno. *Rev. Ciênc. Agron.*, v. 42, p.509-517, 2011.

RIBAS, M.N.; MACHADO, F.S. Produção de forragem utilizando híbridos de sorgo com capim Sudão (*S. bicolor* x *S. sudanense*). Embrapa Milho e Sorgo. *Sistema de Produção*, 2ISSN 1679-012X Versão Eletrônica - 6ª edição, 2010.

ROCHA, M.G.; QUADROS, F.L.F.; GLIENKE, C.L. Avaliação de espécies forrageiras de inverno na Depressão Central do Rio Grande do Sul. *Rev. Bras. de Zootec.* v.36, p.1990-1999, 2007.

SCHOFIELD, P.; PITT, R.E.; PELL, A.N. Kinetics of fiber digestion from *in vitro* gas production. *J. Dairy Sci.*, v.72, n. 11, p. 2980-2991, 1994.

SCHOFIELD, P. Gas production methods. In: D'MELLO, J.P.F. (Ed.). *Far animal metabolism and nutrition*. Cap. 10, p.209-232, 2000.

SINCLAIR, L.A.; GALBRAITH, H.; SCAIFE, J.R. Effect of dietary protein concentration and cimaterol on growth and body composition of entire male lambs. *Anim. Feed Sci. Technol.* v.34, p.181-192, 1991.

SNIFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D.; VAN SOEST, P.J. *et al.* A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. *J. of Anim. Sci.*, v.70, p.3562 - 3577, 1992.

THEODOROU, M.K.; WILLIAMS, B.A.; DHANOA, M.S. *et al.* A simple gas-production method using a pressure transducer to determine the fermentation kinetics of ruminant feeds. *Anim. Feed Sci. Tech.*, v.48, p.185-197, 1994.

THIEX, N.J.; MANSON, H.; ANDERSON, S.; PERSSON, J.Á. Determination of crude protein in animal feed, forage, grain, and oilseeds by using block digestion with a

copper catalyst and steam distillation into boric acid: collaborative study. *J. of AOAC Inter.* v.85, p.309-317, 2002.

THIEX, N.J.; ANDERSON, S.; GILDEMEISTER, B. Crude fat, hexanes extraction, in feed, cereal grain, and forage (Randall/soxtec/submersion method): collaborative study. *J. of AOAC Inter.* v.86, p.899-908, 2003.

VAN MILGEN, M.R.; MURPHY, M.R.; BERGER, L.L. A compartmental model to analyze ruminal digestion. *J. Dairy Sci.*, v.74, p. 2515-2529, 1991.

VAN SOEST, P.J. *Nutritional Ecology of the Ruminant*, 2nd ed. Cornell University Press, Ithaca, 1994.

VIEIRA, R.A.M.; TEDESCHI, L.O.; CANNAS, A. A generalized compartmental model to estimate the fibre mass in the ruminoreticulum: 1. Estimating parameters of digestion. *J. of Theor. Biol.*, v. 255, p.345–356. 2008.

VIEIRA R.A.M.; CAMPOS, P.R.S.S.; SILVA, J.F.C. *et al.* Heterogeneity of the digestible insoluble fiber of selected forages in situ. *Anim. Feed Sci. and Tech.*, v.171 p.154–166, 2012.

YARIA, M.; VALIZADEHA, R.; NASERIANA, A.A. *et al.* Botanical traits, protein and carbohydrate fractions, ruminal degradability and energy contents of alfalfa hay harvested at three stages of maturity and in the afternoon and morning. *Anim. Feed Sci. and Tech.* v.172 p.162– 170, 2012.

ZWIETERING, M.H.; JONGENBURGER, I.; ROMBOUTS, F.M. *et al.* Modeling of the bacterial growth curve. *Appl. and Environ. Microb.*, v.56 p.1875-1881, 1990.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O modelo bicompartimental com taxa de latência apenas para a fração de menor degradabilidade (M3) se ajusta melhor e resulta em estimativas de parâmetros mais verossímeis para forrageiras com maior teor de fibra e menores teores de carboidratos não fibrosos e de proteína.

O modelo unicompartimental sem taxa de latência (M1) possui melhor qualidade de ajuste a perfis de produção de gás de forrageiras com maiores teores de carboidratos não fibrosos, mas no caso de leguminosas o alto teor de lignina pode resultar em perfis mais ajustáveis ao modelo bicompartimental com latência para a fração de menor degradabilidade (M3).

Altos teores de nitrogênio nas forrageiras, principalmente em relação ao total de carboidratos, podem influenciar negativamente a produção de gás oriundo da degradação dos carboidratos não fibrosos, interferindo, conseqüentemente nas estimativas dos parâmetros da taxa de digestão específica da fração mais rapidamente degradável.

O melhor ajuste do modelo a determinado perfil não garante que as estimativas de seus parâmetros sejam as mais verossímeis. Portanto, ao se estudar a cinética de degradação de forrageiras, recomendamos avaliar criteriosamente os valores paramétricos obtidos com base nas pressuposições acerca de seus significados biológicos.

REFERÊNCIAS

- ABREU, Gabriel T. et al. Produção de biomassa em consórcio de aveia branca (*Avena sativa* L.) e leguminosas forrageiras. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 11, n. 1, p. 19-24, 2005.
- ABREU, Matheus L. C. et al. *Clitoria ternatea* L. as a potential high quality forage legume. **Asian Australasian Journal of Animal Science**, v. 27, n.02, p. 169-178, 2014.
- AKAIKE, Hirotugu. A new look at the statistical model identification. **IEEE Trans. Autom. Control** v.19, p.716-723, 1974.
- ALLEN, Michael S. et al. Evaluating Constraints on Fiber Digestion by Rumen Microbes. **The Journal of Nutrition**, Bethesda, v.118, n.2, p. 261-270, 1988.
- ASSMANN, Alceu L. et al. Produção de gado de corte e acúmulo de matéria seca em sistema de integração lavoura-pecuária em presença e ausência de trevo-branco e nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.1, p.37- 44, 2004.
- BEUVINK, J. M. W. et al. Modeling Gas Production Kinetics of Grass Silages Incubated with Buffered Ruminant Fluid. **Journal Animal Science**, v.71, p.1041-1046, 1993.
- BIANCHINI, Waldmaryan et al. Efeito do grupo genético sobre as características de carcaça e maciez da carne fresca e maturada de bovinos superprecoce. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.6, p.2109-2117, 2007.
- BLAXTER, Kenneth L. et al. Some observations on the digestibility of food by sheep, and on related problems. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v.10, n.2, p.69-91, 1956.
- BRETT, Christopher T et al. Cell wall architecture and the skeletal role of the cell wall. In: Brett, C.T. e Waldron, K.W. (Eds.) **Physiology and Biochemistry of Plant Cell Walls**, Chapman e Hall, Cambridge, UK, 1996. Cap.3, p.44.
- BURNHAM, Kenneth P. et al. Multimodel Inference: Understanding AIC and BIC in **Model Selection. Sociological Methods & Research**, v. 33, p. 261-304, 2004.

CAMPOS, Fábio P. et al. Avaliação do sistema de monitoramento computadorizado de digestão *in vitro*. Desaparecimento da matéria seca e/ou FDN pela produção de gás. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, p.537-544, 2000.

CARVALHO, Paulo Cezar F. et al. Forrageiras de Clima Temperado. In: FONSECA, Dilermando M.; MARTUSCELLO, Janaina A. (Ed.). **Plantas Forrageiras**. Viçosa, MG: UFV, cap.15, p. 494-537, 2010.

CLAVIJO MICHELANGELI, Jose A. et al. Managing harvest of 'Tifton 85' bermudagrass for production and nutritive value. **Forage and Grazinglands**, 2010.

CONE, John W. et al. Influence of protein fermentation on gas production profiles. **Animal Feed Science Technology**, v. 76, p. 251-264, 1999.

DAVIES, Zoe S. et al. Effect of inoculants and enzyme additives on fermentation characteristics and gas production of grass silage. **Animal Science** p.145, 1999.

DETMANN, Edênio et al. Simulação e Validação de Parâmetros da Cinética Digestiva em Novilhos Mestiços Suplementados a Pasto, por Intermédio do Sistema *in vitro* de Produção de Gases. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.6, p. 2112-2122, 2005.

ELLIS, William C. et al. Quantitating Ruminant Turnover. **Federation Proceedings**, Washington, v. 38, n. 13, p. 2702-2706. 1979.

EUCLIDES, Valéria B. P. Valor alimentício de espécies forrageiras do gênero Panicum. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGENS, 12, 1995, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, p.245- 273, 1995.

FONSECA, Dilermo M. et al. Importância das Forrageiras no Sistema de Produção. In: FONSECA, Dilermando M.; MARTUSCELLO, Janaina A. (Ed.). **Plantas Forrageiras**. Viçosa, MG: UFV, cap.1, p. 13-29, 2010.

FONTANELI, Renato S. et al. **Sistemas de produção de leite baseados em pastagem sob plantio direto**. 1.ed. Passo Fundo: Ediupf, 2000. 91p.

FORRESTER, Jay W., 1961. **Industrial Dynamics**. MIT Press, Cambridge.

FRANCE, James et al. On the Mathematics of Digesta Flow Kinetics. **Journal of Theoretical Biology** 113, 743-758, 1985.

GETACHEW, Girma et al. Relationships between chemical composition, dry matter degradation and *in vitro* gas production of several ruminant feeds. **Animal Feed Science and Technology**, v.111, p.41-56, 2004.

GIERUS, Martin et al. Forage legumes species determine the nutritional quality of binary mixtures with perennial ryegrass in the first production years. **Animal Feed Science and Technology**, Madri, v. 172, p. 150-161, 2012.

GONZALES, César. et al. Produccion de leche en pasturas de estrella africana (*Cynodon nlemfluensis*) solo y asociado con *Arachis pintoi* o *Desmodium ovalifolium*. **Pasturas tropicales**, v. 18, n. 1, p. 2-12. 1996.

HILL, Gary M. et al. Forage quality and grazing steer performance from Tifton 85 and Tifton 78 bermudagrass pastures. **Journal of Animal Science**, v. 71, p. 3219-3225, 1993.

KHAZAAL Ka. et al. Prediction of apparent digestibility and voluntary feed intake of hays fed to sheep: Comparison between using fiber component, *in vitro* digestibility or characteristics of gas production or nylon bag degradation. **Animal Science**, v.61, p.527-538, 1995.

KRISHNAMOORTHY, Uppoor et al. The *in vitro* gas production technique: limitations and opportunities. **Animal Feed Science and Technology**, v. 123-124, n.1, p. 1-7, 2005.

MAKKAR, Harinder P. S. et al. Formation of complexes between polyvinyl pyrrolidones or polyethylene glycols and tannins, and their implication in gas production and true digestibility in *in vitro* techniques. **British Journal of Nutrition**, v. 73, p. 897–913, 1995.

MALAFAIA, Pedro A. M. et al. Cinética Ruminal de Alguns Alimentos Investigada por Técnicas Gravimétricas e Metabólicas. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.27, n.2, p.370-380, 1998.

MATIS, James H. Gamma Time-Dependency in Blaxter's Compartmental Model. **Biometrics**, v.28, p.597-1531, 1972.

MEHREZ, A. Z. et al. A study of artificial fibre bag technique for determining the digestibility of feeds in the rumen. **Journal Agriculture Science**, v. 88 p. 645-650, 1977.

MELLO, Rony Carlos, et al. J. Modelos para ajuste da produção de gases em silagens de girassol e milho, **Pesquisa agropecuária brasileira**, v.43, n.2, p.261-269, 2008.

MERTENS, David R. Dietary fiber components: relationship to the rate and extent of ruminal digestion. **Federation Proceedings**, v. 36, n. 2, p. 182-192, 1977.

MERTENS, David R. Predicting Intake and Digestibility Using Mathematical Models of Ruminal Function. **Journal Animal Science**, Champaign, v. 64, n. 5, p. 1548-1558, 1987.

MERTENS, David R. Kinetics of Cell Wall Digestion and Passage in Ruminants. **Forage Cell Wall Structure and Digestibility**, p. 535-570, 1993.

MERTENS, David R. Rate and extent of digestion. In: DIJKSTRA, J.; FORBES, J.M.; FRANCE, J. (Eds). **Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism**. 2.ed. Wallingford: CABI Publishing, p.13-47, 2005.

MONDARDO, Daniela. et al. Produção e composição químico-bromatológica da aveia preta fertilizada com doses crescentes de dejetos suíno. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n.2, p. 509-517, 2011.

MOREIRA, Paulo C. et al. Produção cumulativa de gases e parâmetros de France avaliados pela técnica semi-automática *in vitro* de fontes de carboidratos de ruminantes. **Revista Brasileira Saúde e Produção Animal**, v.11, n.2, p. 452-462, 2010.

NIMER, E. Clima. In: IBGE. Diretoria Técnica. **Geografia do Brasil**. Rio de Janeiro: SERGRAF, v. 5, p. 35-79, 1977.

NOCEK, James E. et al. Protein and energy as an integrated system. Relation of ruminal protein and carbohydrates availability to microbial synthesis and milk production. **Journal of Dairy Science**, v. 71, n.8, p. 2070-2107, 1988.

OLIVEIRA, Leandro B. et al. Produtividade, composição química e características agrônomicas de diferentes forrageiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n.12, p. 2604-2610, 2010.

OLIVO, Clair J. et al. Valor Nutritivo de pastagens consorciadas com diferentes espécies de leguminosas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.8, p.1543-1552, 2009.

ORSKOV, Emir R. et al. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. **Journal of Agricultural Science**, v.92, p.499-503, 1979.

PELL, Ana N. et al. Rates of digestion of feeds measured *in vitro* with computers. CORNELL NUTRITION CONFERENCE. **Proceedings**. Cornell University. p. 74-81, 1994.

PAULINO, Mário F. et al. Bovinocultura de ciclo curto em pastagens. In: SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE, 3, 2002. Viçosa. **Anais...** Viçosa: Departamento de Zootecnia – Universidade Federal de Viçosa, p. 196, 2002.

PEREIRA, José C. et al. Dinâmica da degradação ruminal por novilhos mantidos em pastagem natural em diferentes épocas do ano. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.31, n.2, p.740-748, 2002.

PRESTON, Rodney L. Typical composition of feed for cattle and sheep. **Feed Composition Guide**, v.35, n.6, 1999.

ROCHA JR, Vicente R. et al. Determinação do Valor Energético de Alimentos para Ruminantes pelo Sistema de Equações. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.32, n.2, p.473-479, 2003.

ROCHA, Marta G. et al. Avaliação de espécies forrageiras de inverno na Depressão Central do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 36, n. 6, p. 1990-1999, 2007.

ROCHA, Marta G. et al. Produção e qualidade de forragem da mistura de aveia e azevém sob dois métodos de estabelecimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.1, p.7-15, 2007.

RUSSELL, James B. et al. A net carbohydrate an protein system for evaluation for cattle diets: Ruminal fermentation. **Journal Animal Science**, v. 70, n.12. p. 3551-3581. 1992.

RYMER, Caroline et al. *In vitro* cumulative gas production techniques: History, methodological considerations and challenges. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 123- 124, n. 1, p. 9-30, 2005.

SANTOS, Ivina P. A. et al. Influência do fósforo, micorriza e nitrogênio no conteúdo de minerais de *Brachiaria brizanta* e *Arachis pintoi* consorciados. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.2, p.605-616, 2002.

SCHOFIELD, Peter et al. Kinetics of fiber digestion from *in vitro* gás production. **Journal of Dairy Science**, v.72, n. 11, p. 2980-2991, 1994.

SCHOFIELD, Peter et al. Measurement and kinetic-analysis of the neutral detergent-soluble carbohydrate fraction of legumes and grasses. **Journal of Animal Science**, v. 73, p. 3455-3463, 1995.

SILVA, Francieli B. **Qualidade nutricional sob corte, pastejo com diferentes alturas de manejo**. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, P. 79, 2011.

SILVA, Wilton L. et al. Structural characteristics and forage mass of Tifton 85 pastures managed under three postgrazing residual leaf areas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 42, p. 238-245, 2013.

SOLLENBERGER, Lynn E. et al. New Cynodon forages for the subtropics and tropics. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON LIVESTOCK IN THE TROPICS, 1995, Gainesville. **Proceedings**... Gainesville: University of Florida, 1995. p. 22-26.

SOUZA, Fernando H. et al. Altura do dossel forrageiro e relação folha/colmo das aveias IAPAR 61 e IPR 126 em três épocas de semeadura na região oeste do Paraná. **Zootec**, 2009. **Associação Brasileira do Zootecnista**. Águas de Lindóia-SP. USP. 2009.

SOUZA, Gabriel B. **Ajustes de modelos de degradabilidade ruminal por meio da técnica de produção de gases utilizando as metodologias clássica e bayesiana**. Dissertação, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2013.

SNIFFEN, Charlie J. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 70, n. 12, p. 3562-3577, 1992.

TEDESCHI, Luis O. Assessment of the adequacy of mathematical models. **Agricultural Systems**, v. 89, p. 225-247, 2006.

THEODOROU, Michael K. et al. A simple gas-production method using a pressure transducer to determine the fermentation kinetics of ruminant feeds. **Animal Feed Science Technology**, v.48, p.185-197, 1994.

TILLEY, J. M. A. et al. A two-stage technique for the in vitro digestion of forage crop. **Journal British Grassland Society**, v.18, n.2, p.104-111, 1963.

TOMICH, Thierry R. et al. Potencial forrageiro de híbridos de sorgo com capim-sudão. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.56, n.2, p.258-263, 2004.

VAN MILGEN, Jaap et al. A compartmental model to analyze ruminal digestion. **Journal of Dairy Science**, v.74, p. 2515-2529, 1991.

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

VIEIRA, Ricardo A. M. et al. A generalized compartmental model to estimate the fiber mass in 845 the ruminoreticulum: 1. Estimating parameters of digestion. **Journal of Theoretical Biology**, Amsterdam, v. 255, p. 345-356, 2008.

VIEIRA, Ricardo A. M. et al. Heterogeneity of the digestible insoluble fiber of selected forages in situ. **Animal Feed Science and Technology**, v.171 p.154-166, 2012.

WALDO, D. R., et al. Model of Cellulose Disappearance from the Rumen. **Journal of Dairy Science**, v.55, p.125-129, 1972.

WILSON, J. R. Organization of Forage Plant Tissue. In: Jung, H.G.; Buxton, D.R.; Hatfield, R.D.; Ralph, J.(Eds.) **Forage Cell Wall Structure and Digestibility**. Int. Symposium on Forage Cell Wall Structure and Digestibility, Madison, EUA, 1993.

ZWIETERING, Marcel H. et al. Comparison of definitions of the lag and exponential phase in bacterial growth. **The Journal Of Applied Bacteriology** v. 72, p. 139-45, 1992.

ANEXOS

ANEXO A - Normas para preparação de trabalhos científicos para publicação no periódico Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia.

INSTRUÇÕES AOS AUTORES

Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia
(*Brazilian Journal of Veterinary and Animal Sciences*)

Política Editorial

O periódico *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia (Brazilian Journal of Veterinary and Animal Science)*, ISSN 0102-0935 (impresso) e 1678-4162 (online), é editado pela FEPMVZ Editora, CNPJ: 16.629.388/0001-24, e destina-se à publicação de artigos científicos sobre temas de medicina veterinária, zootecnia, tecnologia e inspeção de produtos de origem animal, aquicultura e áreas afins.

Os artigos encaminhados para publicação são submetidos à aprovação do Corpo Editorial, com assessoria de especialistas da área (relatores). Os artigos cujos textos necessitarem de revisões ou correções serão devolvidos aos autores. Os aceitos para publicação tornam-se propriedade do Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia (ABMVZ) citado como *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.* Os autores são responsáveis pelos conceitos e informações neles contidos. São imprescindíveis originalidade, ineditismo e destinação exclusiva ao ABMVZ.

Reprodução de artigos publicados

A reprodução de qualquer artigo publicado é permitida desde que seja corretamente referenciado. Não é permitido o uso comercial dos resultados.

A submissão e tramitação dos artigos é feita exclusivamente on-line, no endereço eletrônico <www.abmvz.org.br>.

Não serão fornecidas separatas. Os artigos encontram-se disponíveis nos endereços www.scielo.br/abmvz ou www.abmvz.org.br.

Orientação para tramitação de artigos

Toda a tramitação dos artigos é feita exclusivamente pelo Sistema de publicação on-line do ABMVZ no endereço www.abmvz.org.br.

Apenas o autor responsável pelo artigo deverá preencher a ficha de submissão, sendo necessário o cadastro do mesmo no Sistema.

Toda comunicação entre os diversos atores do processo de avaliação e publicação (autores, revisores e editores) será feita exclusivamente de forma eletrônica pelo Sistema, sendo o autor responsável pelo artigo informado, automaticamente, por e-mail, sobre qualquer mudança de status do artigo.

A submissão só se completa quando anexado o texto do artigo em Word e em pdf no campo apropriado.

Fotografias, desenhos e gravuras devem ser inseridas no texto e também enviadas, em separado, em arquivo com extensão jpg em alta qualidade (mínimo 300dpi), zipado, inserido no campo próprio.

Tabelas e gráficos não se enquadram no campo de arquivo zipado, devendo ser inseridas no corpo do artigo.

É de exclusiva responsabilidade de quem submete o artigo certificar-se de que cada um dos autores tenha conhecimento e concorde com a inclusão de seu nome no mesmo submetido.

O ABMVZ comunicará, via eletrônica, a cada autor, a sua participação no artigo. Caso pelo menos um dos autores não concorde com sua participação como autor, o artigo será considerado como desistência de um dos autores e sua tramitação encerrada.

Comitê de Ética

É indispensável anexar cópia do Certificado de aprovação do projeto da pesquisa que originou o artigo, expedido pelo CEUA (Comitê de Ética no Uso de Animais) de sua Instituição, em atendimento à Lei 11794/2008. Esclarecemos que o referido documento deve constar como sendo a primeira página do texto em Word (não incluir no texto em pdf), além da menção, em Material e Métodos, do número do Certificado de aprovação do projeto.

Tipos de artigos aceitos para publicação:

Artigo científico

É o relato completo de um trabalho experimental. Baseia-se na premissa de que os resultados são posteriores ao planejamento da pesquisa.

Seções do texto: Título (português e inglês), Autores e Filiação, Resumo, Abstract, Introdução, Material e Métodos, Resultados, Discussão (ou Resultados e Discussão), Conclusões, Agradecimentos (quando houver) e Referências.

O número de páginas não deve exceder a 15, incluindo tabelas e figuras.

O número de Referências não deve exceder a 30.

Relato de caso

Contempla principalmente as áreas médicas, em que o resultado é anterior ao interesse de sua divulgação ou a ocorrência dos resultados não é planejada. Seções do texto: Título (português e inglês), Autores e Filiação, Resumo, Abstract, Introdução, Casuística, Discussão e Conclusões (quando pertinentes), Agradecimentos (quando houver) e Referências.

O número de páginas não deve exceder a 10, incluindo tabelas e figuras.

O número de Referências não deve exceder a 12.

Comunicação

É o relato sucinto de resultados parciais de um trabalho experimental, dignos de publicação, embora insuficientes ou inconsistentes para constituírem um artigo científico. O texto, com título em português e em inglês, Autores e Filiação deve ser compacto, sem distinção das seções do texto especificadas para “Artigo científico”, embora seguindo aquela ordem. Quando a Comunicação for redigida em português deve conter um “Abstract” e quando redigida em inglês deve conter um “Resumo”.

O número de páginas não deve exceder a 8, incluindo tabelas e figuras.

O número de Referências não deve exceder a 12.

Preparação dos textos para publicação

Os artigos devem ser redigidos em português ou inglês, na forma impessoal. Para ortografia em inglês recomenda-se o *Webster's Third New International Dictionary*. Para ortografia em

português adota-se o *Vocabulário Ortográfico da Língua Portuguesa*, da Academia Brasileira de Letras.

Formatação do texto

O texto **NÃO** deve conter subitens em qualquer das seções do artigo e deve ser apresentado em Microsoft Word, em formato A4, com margem 3cm (superior, inferior, direita e esquerda), em fonte Times New Roman tamanho 12 e em espaçamento entrelinhas 1,5, em todas as páginas e seções do artigo (do título às referências), com linhas numeradas.

Não usar rodapé. Referências a empresas e produtos, por exemplo, devem vir, obrigatoriamente, entre parêntesis no corpo do texto na seguinte ordem: nome do produto, substância, empresa e país.

Seções de um artigo

Título. Em português e em inglês. Deve contemplar a essência do artigo e não ultrapassar 150 dígitos.

Autores e Filiação. Os nomes dos autores são colocados abaixo do título, com identificação da instituição a que pertencem. O autor para correspondência e seu e-mail devem ser indicados com asterisco.

Nota:

1. o texto do artigo em Word deve conter o nome dos autores e filiação.
2. o texto do artigo em pdf **NÃO** deve conter o nome dos autores e filiação.

Resumo e Abstract. Deve ser o mesmo apresentado no cadastro contendo até 2000 dígitos incluindo os espaços, em um só parágrafo. Não repetir o título e não acrescentar revisão de literatura. Incluir os principais resultados numéricos, citando-os sem explicá-los, quando for o caso. Cada frase deve conter uma informação. Atenção especial às conclusões.

Palavras-chave e Keywords. No máximo cinco.

Introdução. Explanação concisa, na qual são estabelecidos brevemente o problema, sua pertinência e relevância e os objetivos do trabalho. Deve conter poucas referências, suficientes para balizá-la.

Material e Métodos. Citar o desenho experimental, o material envolvido, a descrição dos métodos usados ou referenciar corretamente os métodos já publicados.

Nos trabalhos que envolvam animais e/ou organismos geneticamente modificados deverá constar, obrigatoriamente, o número do Certificado de aprovação do CEUA. (verificar o Item Comitê de Ética).

Resultados. Apresentar clara e objetivamente os resultados encontrados.

Tabela. Conjunto de dados alfanuméricos ordenados em linhas e colunas. Usar linhas horizontais na separação dos cabeçalhos e no final da tabela. O título da tabela recebe inicialmente a palavra Tabela, seguida pelo número de ordem em algarismo arábico e ponto (ex.: Tabela 1.). No texto a tabela deve ser referida como Tab seguida de ponto e do número de ordem (ex.: Tab. 1), mesmo quando se referir a várias tabelas (ex.: Tab. 1, 2 e 3). Pode ser apresentada em espaçamento simples e fonte de tamanho menor que 12 (o menor tamanho aceito é 8). A legenda da Tabela deve conter apenas o indispensável para o seu entendimento. As tabelas devem ser, obrigatoriamente, inseridas no corpo do texto preferencialmente após a sua primeira citação.

Figura. Compreende qualquer ilustração que apresente linhas e pontos: desenho, fotografia, gráfico, fluxograma, esquema, etc. A legenda recebe inicialmente a palavra Figura, seguida do número de ordem em algarismo arábico e ponto (ex.: Figura 1.) e é referida no texto como Fig seguida de ponto e do número de ordem (ex.: Fig.1), mesmo se referir a mais de uma figura (ex.: Fig. 1, 2 e 3). Além de inseridas no corpo do texto, fotografias e desenhos devem também ser enviadas no formato jpg com alta qualidade, em um arquivo zipado, anexado no campo próprio de submissão na tela de registro do artigo. As figuras devem ser, obrigatoriamente, inseridas no corpo do texto preferencialmente após a sua primeira citação.

Nota:

Toda tabela e/ou figura que já tenha sido publicada deve conter, abaixo da legenda, informação sobre a fonte (autor, autorização de uso, data) e a correspondente referência deve figurar nas Referências.

Discussão. Discutir somente os resultados obtidos no trabalho. (Obs.: As seções Resultados e Discussão poderão ser apresentadas em conjunto a juízo do autor, sem prejudicar qualquer das partes e sem subitens).

Conclusões. As conclusões devem apoiar-se nos resultados da pesquisa executada e serem apresentadas de forma objetiva, **SEM** revisão de literatura, discussão, repetição de resultados e especulações.

Agradecimentos. Não obrigatório. Devem ser concisamente expressados.

Referências. As referências devem ser relacionadas em ordem alfabética, dando-se preferência a artigos publicados em revistas nacionais e internacionais, indexadas. Livros e teses devem ser referenciados o mínimo possível, portanto, somente quando indispensáveis. São adotadas as normas gerais ABNT, **adaptadas** para o ABMVZ conforme exemplos:

Como referenciar:**1. Citações no texto**

A indicação da fonte entre parênteses sucede à citação para evitar interrupção na sequência do texto, conforme exemplos:

Autoria única: (Silva, 1971) ou Silva (1971); (Anuário..., 1987/88) ou Anuário... (1987/88)

Dois autores: (Lopes e Moreno, 1974) ou Lopes e Moreno (1974)

Mais de dois autores: (Ferguson *et al.*, 1979) ou Ferguson *et al.* (1979)

Mais de um artigo citado: Dunne (1967); Silva (1971); Ferguson *et al.* (1979) ou (Dunne, 1967; Silva, 1971; Ferguson *et al.*, 1979), sempre em ordem cronológica ascendente e alfabética de autores para artigos do mesmo ano.

Citação de citação. Todo esforço deve ser empreendido para se consultar o documento original. Em situações excepcionais pode-se reproduzir a informação já citada por outros autores. No texto, citar o sobrenome do autor do documento não consultado com o ano de publicação, seguido da expressão **citado por** e o sobrenome do autor e ano do documento consultado. Nas Referências, deve-se incluir apenas a fonte consultada.

Comunicação pessoal. Não fazem parte das Referências. Na citação coloca-se o sobrenome do autor, a data da comunicação, nome da Instituição à qual o autor é vinculado.

2. Periódicos (até 4 autores, citar todos. Acima de 4 autores citar 3 autores *et al.*):

ANUÁRIO ESTATÍSTICO DO BRASIL. v.48, p.351, 1987-88.

FERGUSON, J.A.; REEVES, W.C.; HARDY, J.L. Studies on immunity to alphaviruses in foals. *Am. J. Vet. Res.*, v.40, p.5-10, 1979.

HOLENWEGER, J.A.; TAGLE, R.; WASERMAN, A. *et al.* Anestesia general del canino. *Not. Med. Vet.*, n.1, p.13-20, 1984.

3. Publicação avulsa (até 4 autores, citar todos. Acima de 4 autores citar 3 autores *et al.*):

DUNNE, H.W. (Ed). Enfermedades del cerdo. México: UTEHA, 1967. 981p.

LOPES, C.A.M.; MORENO, G. Aspectos bacteriológicos de ostras, mariscos e mexilhões. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MEDICINA VETERINÁRIA, 14., 1974, São Paulo. *Anais...* São Paulo: [s.n.] 1974. p.97. (Resumo).

MORRIL, C.C. Infecciones por clostridios. In: DUNNE, H.W. (Ed). Enfermedades del cerdo. México: UTEHA, 1967. p.400-415.

NUTRIENT requirements of swine. 6.ed. Washington: National Academy of Sciences, 1968. 69p.

SOUZA, C.F.A. *Produtividade, qualidade e rendimentos de carcaça e de carne em bovinos de corte.* 1999. 44f. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

4. Documentos eletrônicos (até 4 autores, citar todos. Acima de 4 autores citar 3 autores *et al.*):

QUALITY food from animals for a global market. Washington: Association of American Veterinary Medical College, 1995. Disponível em: <<http://www.org/critical6.htm>>. Acessado em: 27 abr. 2000.

JONHNSON, T. Indigenous people are now more combative, organized. Miami Herald, 1994. Disponível em: <<http://www.summit.fiu.edu/MiamiHerld-Summit-RelatedArticles/>>. Acessado em: 5 dez. 1994.

Nota:

Artigos que não estejam rigorosamente dentro das normas acima não serão aceitos para avaliação.

O Sistema reconhece, automaticamente, como “Desistência do Autor” artigos em diligência e/ou “Aguardando liberação do autor”, que não tenha sido respondido no prazo dado pelo Sistema.

Taxas de submissão e de publicação:

Taxa de submissão. A taxa de submissão de R\$50,00 deverá ser paga por meio de boleto bancário emitido pelo sistema eletrônico de submissão de artigos. Ao solicitar o boleto bancário, o autor informará os dados para emissão da nota fiscal. Somente artigos com taxa paga de submissão serão avaliados.

Caso a taxa não seja quitada em até 30 dias será considerado como desistência do autor.

Taxa de publicação. A taxa de publicação de R\$150,00, por página, por ocasião da prova final do artigo. A taxa de publicação deverá ser paga por meio de boleto bancário emitido pelo sistema eletrônico de submissão de artigos. Ao solicitar o boleto bancário, o autor informará os dados para emissão da nota fiscal.

Recursos e diligências:

No caso de o autor encaminhar resposta a diligências solicitadas pelo ABMVZ, ou documento de recurso, o mesmo deverá constar como a(s) primeira(s) página(s) do texto do artigo somente na versão em Word.

No caso de artigo não aceito, se o autor julgar pertinente encaminhar recurso, o mesmo deve ser feito pelo e-mail abmvz.artigo@abmvz.org.br.

ANEXO B – Parecer da Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) referente ao protocolo nº 2014-008, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.



Ministério da Educação
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
Câmpus Dois Vizinhos
Comissão de Ética no Uso de Animais - CEUA



PROJETO DE PESQUISA / AULA PRÁTICA

Título:	Caracterização nutricional de forrageiras utilizadas na alimentação de ruminantes: enfoque nas frações de carboidratos e compostos nitrogenados e na cinética de degradação ruminal.
Área Temática:	Avaliação de alimentos para animais
Pesquisador / Professor:	Douglas Sampaio Henrique
Instituição:	Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Versão:	002

PARECER CONSUBSTANCIADO DA CEUA	Protocolo nº 2014-008
Título: Caracterização nutricional de forrageiras utilizadas na alimentação de ruminantes: enfoque nas frações de carboidratos e compostos nitrogenados e na cinética de degradação ruminal.	
Pesquisador/Professor: Douglas Sampaio Henrique	
Área temática: Avaliação de alimentos para animais	
Instituição: Universidade Tecnológica Federal do Paraná	
Financiamento: Não há	
Apresentação do Projeto: O objetivo do presente estudo é caracterizar nutricionalmente algumas forrageiras utilizadas na alimentação de ruminantes na região Sul do Brasil	
Objetivo: Caracterizar nutricionalmente algumas forrageiras de inverno utilizadas para alimentar ruminantes na região Sul do Brasil. Metas:	



Ministério da Educação
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
Câmpus Dois Vizinhos
Comissão de Ética no Uso de Animais - CEUA



<p>a) Determinar a composição bromatológica das forrageiras de clima temperado, principalmente, as frações de carboidratos e compostos nitrogenados.</p> <p>b) Estudar a cinética de degradação das forrageiras de inverno, por meio da técnica de produção de gases in vitro.</p> <p>c) Determinar qual modelo matemático melhor se ajusta à cinética de degradação de cada forrageira.</p>
<p>Avaliação dos Riscos e Benefícios:</p> <p>Não há riscos.</p>
<p>Comentários e Considerações sobre a Pesquisa / Aula Prática:</p> <p>A pesquisa é basicamente com análises laboratoriais e modelagem. Os animais serão utilizados exclusivamente para cedência do líquido ruminal, necessário para algumas análises laboratoriais. Sendo que depois dos mesmos fistulados é um procedimento rotineiro e que não causa estresse ao animal.</p>
<p>Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:</p> <p>Os termos foram apresentados de forma adequada.</p>
<p>Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:</p> <p>Recomenda-se inserir o número do protocolo do CEUA do procedimento da canulação dos animais no formulário e no projeto.</p>
<p>Situação do Parecer:</p> <p>APROVADO, após ter apresentado as adequações sugeridas acima, dentro do prazo previsto.</p>

Dois Vizinhos, 13 de novembro de 2014.

Assinado por:

Patricia Franchi de Freitas

Presidente da Comissão de Ética no Uso de Animais da Universidade Tecnológica Federal do Paraná