

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
ÁREA DE AGRÁRIAS
CURSO DE ZOOTECNIA

JHONE GLEISON DE OLIVEIRA

**CINÉTICA DE DEGRADAÇÃO *IN VITRO* DA AVEIA IAPAR 126 SOB
DIFERENTES PERÍODOS DE DESCANSO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

DOIS VIZINHOS

2013

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CURSO DE ZOOTECNIA**

JHONE GLEISON DE OLIVEIRA

**CINÉTICA DE DEGRADAÇÃO *IN VITRO* DA AVEIA IAPAR 126 SOB
DIFERENTES PERÍODOS DE DESCANSO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

DOIS VIZINHOS

2013

JHONE GLEISON DE OLIVEIRA

CINÉTICA DE DEGRADAÇÃO IN VITRO DA AVEIA IAPAR 126 SOB
DIFERENTES PERÍODOS DE DESCANSO

Trabalho de Conclusão de Curso,
apresentado ao Curso de Zootecnia da
Universidade Tecnológica Federal do
Paraná, Câmpus Dois Vizinhos, como
requisito parcial à obtenção do título de
ZOOTECNISTA

Orientador: Prof. Dr. Douglas Sampaio
Henrique

Co Orientador: Profa. MSc. Lilian Regina
Rothe Mayer

DOIS VIZINHOS

2013



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Para
Campus Dois Vizinhos
Gerência de Ensino e Pesquisa
Curso de Zootecnia



TERMO DE APROVAÇÃO

TCC

**CINÉTICA DE DEGRADAÇÃO IN VITRO DA AVEIA IAPAR 126 SOB DIFERENTES
PERÍODOS DE DESCANSO**

Autor: Jhone Gleison de Oliveira

Orientador: Prof. Dr. Douglas Sampaio Henrique

TITULAÇÃO: Zootecnista

APROVADO em 19 de setembro de 2013.

Prof.a MSc. Lilian Regina Rothe Mayer

Juliano Zanela

Prof. Dr. Douglas Sampaio Henrique
(Orientador)

* A folha de aprovação já assinada se encontra na coordenação do curso de Zootecnia.

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

Aos meus pais Leomar Siqueira de Oliveira e Jolcira Buffon 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.

À Gabriela, minha princesinha, que a mais de três anos já faz parte da minha vida. Trazendo-me amor, carinho e muita compreensão, eternamente lhe terei em meu coração.

À minha irmã Geisielle, que em muitos momentos difíceis esteve presente me dando forças e incentivos.

Aos meus padrinhos de batismo Adhemar e Marildes pelas palavras sábias e pelos ensinamentos desde criança.

A UTFPR Campus Dois Vizinhos de modo geral que contribui para meu crescimento tanto profissional quanto humano. E em especial aos professores Wagner Paris e Douglas Sampaio Henrique que por meio das orientações e tutoria do Grupo Pet Zootecnia deixaram suas mensagens grandiosas neste período.

A todos meus familiares que de uma forma ou outra contribuíram com minha formação, além de torcer e vibrar por minhas conquistas.

E para concretizar este momento deixo meu apreço a uma pessoa que infelizmente já não está em nosso meio, mas que jamais esquecerei, pois ao relembrar sua imagem me emociono, meu querido avô José Siqueira de Oliveira (*in memoriam*).

Dedico!

AGRADECIMENTOS

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

Aos meus pais que sempre estiveram batalhando e me amparando nos momentos difíceis, pelo apoio moral e financeiro, além de todo afeto e carinho que me proporcionam. Agradeço à minha irmã pelas palavras de apoio e pelos esforços que jamais se abstiveram.

À Gabriela que mesmo estando distante nunca me deixou faltar carinho e amor, pela paciência e companheirismo em todos os momentos. Pelas horas e finais de semana que dedicou seu tempo para estar ao meu lado colaborando para a realização deste trabalho.

De forma especial ao professor Douglas Sampaio Henrique que através 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, obrigado por tudo!

À professora Katia, que além dos ensinamentos e momentos de descontração, esteve presente na realização de diversas atividades deste trabalho.

Ao Zootecnista doutorando da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Matheus Lima Corrêa Abreu que de forma especial me atendeu inúmeras vezes por email, telefone etc... Disponibilizando informações importantíssimas, além das orientações ao decorrer da realização desta etapa. Com enorme satisfação lhe estendo minha gratidão. Muito obrigado!

Ao amigo Silvonei Tiago Ricacheski, Zootecnista mestrando da UTFPR Campus Dois Vizinhos que forneceu fomento e material.

Aos meus colegas que contribuíram para a realização deste trabalho, em especial ao meu amigo Zootecnista Maickel Martins Danielce que não mediu esforços para contribuir e colaborar na elaboração das atividades além das idéias que trouxeram melhorias durante a execução do trabalho.

Aos professores Valter e Lilian que com suas sábias considerações contribuíram de forma positiva, além de disponibilizar ambiente de trabalho bem como proporcionar momentos de descontração.

Ao técnico Juliano Zanela pelos ensinamentos de boas práticas laboratoriais, bem como sua contribuição na realização e avaliação deste trabalho.

Muito Obrigado a Todos!!

Que os vossos esforços desafiem as impossibilidades, lembre-vos de que as grandes coisas do homem foram conquistadas do que parecia impossível.

Charles Chaplin.

RESUMO

OLIVEIRA, Jhone Gleison. Cinética de degradação *in vitro* da aveia IAPAR 126 sob diferentes períodos de descanso. 2013. 63f. TCC (Trabalho conclusão de curso) – Graduação em Bacharelado em Zootecnia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Dois Vizinhos, 2013.

Os sistemas de formulação de dietas exigem a avaliação de alimentos, entre estes as forrageiras constituem a fonte alimentar mais utilizada para ruminantes. Os parâmetros cinéticos de degradação são importantes porque eles além de descrever a digestão, caracterizam as propriedades intrínsecas dos alimentos que limitam a disponibilidades para os ruminantes. O objetivo deste trabalho foi determinar a cinética de degradação da aveia branca IAPAR 126 sob diferentes períodos de descanso através do método de produção de gás. O trabalho foi conduzido na Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Dois Vizinhos, localizado no terceiro planalto paranaense. Foram utilizados dois cortes da forrageira ao decorrer do ciclo vegetativo avaliando quatro períodos de descanso sendo estes: 14, 21, 28 e 35 dias distribuídos em quatro blocos casualizados. As leituras de pressão e de volume foram realizadas a 1, 2, 3, 6, 8, 10, 12, 16, 20, 24, 30, 36, 48, 72, e 96 h de incubação. As mensurações de gás foram obtidas por meio de um dispositivo não automatizado, composto por um manômetro ligado a um sistema vaso comunicante para leitura de pressão e volume respectivamente. As interpretações dos parâmetros de cinética de degradação foram analisados pelo modelo logístico bicompartimental: $V(t) = (V_1 / (1 + \exp(2 \cdot 4 \cdot k_1 \cdot (T - \lambda)))) + (V_2 / (1 + \exp(2 \cdot 4 \cdot k_2 \cdot (T - \lambda))))$. Os parâmetros ajustados no modelo logístico bicompartimental foram estimados pelo procedimento NLIN do aplicativo SAS® (versão 9) com o método de Marquardt. Para verificar se houve influência dos tratamentos nos valores dos parâmetros foi utilizada a análise de medidas repetidas com a metodologia de modelos mistos por meio do procedimento PROC MIXED do SAS (versão 9) e a máxima verossimilhança restrita (REML) como o método de estimativa. Para a modelagem da matriz de variância e covariância, foram testadas quatro estruturas: VC, CS, AR (1) e UN. A relação entre pressão e volume dos gases foi linear e altamente significativa ($P < 0,0001$). A utilização do modelo logístico bicompartimental permitiu a obtenção de estimativas dos parâmetros condizentes com a teoria em vigor. Os volumes de gás produzido pela degradação dos carboidratos não fibrosos (V_1) e pelos carboidratos fibrosos (V_2), não foram influenciados pelos dias de descanso. A taxa de degradação encontrada para os CNF (k_1) aumentou com o avanço da maturidade das plantas. Quanto à taxa de degradação dos CF (k_2), não houve diferença estatística entre os diferentes tratamentos. O tempo de colonização do substrato pelos microrganismos ruminais (λ) não se diferenciou em função dos dias de descanso. A fermentação da aveia às 48 horas de incubação foi influenciada ($P = 0,0009$) negativamente com o advento da maturidade da planta.

Palavras-chave: Degradabilidade ruminal. Parâmetros digestivos. Latência.

ABSTRACT

Oliveira, Gleison Jhone. Degradation kinetics in vitro oat IAPAR 126 under different rest periods. In 2013. 63f. TCC (Labor course completion) - Undergraduate Degree in Animal Science, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Dois Vizinhos 2013.

The diet formulation systems require the measurements of food among these forages are the most widely used food source for ruminants. The kinetics of degradation are important because they describe the addition of digestion characterize the intrinsic properties of food which limit the availability to the ruminant. The objective of this study was to determine the kinetics of degradation of oat IAPAR 126 under different rest periods by the method of gas production. The study was conducted at the Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Dois Vizinhos, located on the third plateau of Paraná. We used two cuts of forage during the vegetative cycle testing four rest periods which are: 14, 2, 28 and 35 days distributed in four randomized blocks. The readings of pressure and volume were taken at 1, 2, 3, 6, 8, 10, 12, 16, 20, 24, 30, 36, 48, 72, and 96 hours of incubation. The measurements of gas were obtained by means of a non-automated, comprising a manometer connected to a vessel communicating system for reading pressure and volume respectively. The interpretations of the kinetic parameters of degradation were analyzed by logistic model bicompartamental: $V(t) = (V_1 / (1 - \exp(-k_1(T-\lambda)))) + (V_2 / (1 - \exp(-k_2(T-\lambda))))$. The adjusted parameters in the model were estimated by logistic bicompartamental NLIN procedure of SAS® application (version 9) with the Marquardt method. To determine whether there was influence of the treatments on the values of the parameters we used repeated measures analysis with a mixed model methodology using the PROC MIXED procedure of SAS (version 9) and restricted maximum likelihood (REML) as the estimation method. For modeling the variance and covariance matrix were tested four structures: VC, CS, AR (1) and UN. The relationship between pressure and volume of gas was linear and highly significant ($P < 0.0001$). The use of the logistic model bicompartamental allowed obtaining estimates of parameters consistent with the existing theory. The volumes of gas produced by the degradation of non-fiber carbohydrates (V_1) and the fiber (V_2) were not influenced by rest days. The degradation rate observed for the non-fiber carbohydrates (k_1) increased with advancing plant maturity. As the rate of degradation of the fiber (k_2), there was no statistical difference between the different treatments. The time of colonization of the substrate by rumen microorganisms (λ) did not differ as a function of days of rest. Fermentation of oats at 48 hours of incubation was influenced ($P = 0.0009$) negatively with the advent of plant maturity.

Keywords: Rumens degradability. Digestive parameters. Latency.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
2 OBJETIVOS	11
2.1 OBJETIVOS GERAIS:.....	11
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:.....	11
3 REVISÃO DE LITERATURA	12
3.1 IMPORTÂNCIA DA AVEIA PARA ALIMENTAÇÃO DE RUMINANTES.....	12
3.2 IMPORTÂNCIA DA CINÉTICA DE DEGRADAÇÃO EM ALIMENTOS.....	14
3.3 IMPORTÂNCIA DE DETERMINAR A DIGESTIBILIDADE DOS ALIMENTOS.....	15
3.4 TÉCNICAS DE DIGESTIBILIDADE	17
3.4.1 Método <i>in vivo</i>	17
3.4.2 Método <i>in situ</i>	18
3.4.3 Método <i>in vitro</i>	20
3.4.4 Método <i>in vitro</i> com produção de gás	21
3.4.5 Degradação gravimétrica <i>in vitro</i>	23
3.5 INFLUÊNCIAS DO MANEJO DE CORTE NA PASTAGEM SOB A DIGESTIBILIDADE	24
4 MATERIAL E MÉTODOS	27
4.1 LOCAL DO EXPERIMENTO.....	27
4.1 PREPARAÇÃO DO MEIO.....	28
4.2 EQUIPAMENTO MENSURADOR DE GÁS	31
4.3 LEITURAS DE PRESSÃO E VOLUME DE GÁS	32
4.4 INTERPRETAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	33
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
6 CONCLUSÃO	48
REFERÊNCIAS	49

1 INTRODUÇÃO

A produção e avaliação nutricional de forrageiras no Brasil têm grande destaque nas pesquisas, principalmente pelo país apresentar alta aptidão e demanda na utilização das forrageiras como principal fonte de alimento na nutrição de ruminantes (DA SILVA; NASCIMENTO JR., 2006).

A região sul, 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. Neste contexto o uso de pastagens cultivadas de estação fria é uma alternativa para reduzir o período crítico de produção de forragem. A aveia IAPAR 126 (*Avena sativa* IAPAR 126) se encontra na categoria das forrageiras mais utilizadas para alimentação de ruminantes no sul do país, pois, possui boa adaptação ao clima dessa região, além de boa qualidade nutricional (JANUSCKIEWICZ et al., 2010).

A qualidade nutricional da forrageira é, provavelmente, o fator de maior influência na produtividade de ruminantes a pasto, pois as plantas forrageiras devem apresentar alto valor nutritivo para suprir a maior parte das exigências dos animais em pastejo (PAULINO et al., 2002). Desta forma a identificação dos possíveis fatores que restringem a produção animal e o consumo de nutrientes depende da avaliação nutricional da forragem (BRÂNCIO et al., 2002).

Os sistemas de avaliação de alimentos para ruminantes devem, portanto, quantificar o total de carboidratos (estruturais e não-estruturais) digeridos no rúmen, para a predição do rendimento microbiano; tais sistemas são úteis para determinação da contribuição energética destas frações, que varia de acordo com os padrões de fermentação ruminal (interação do animal com o alimento ou dieta), e para permitir a sincronização com outros nutrientes, particularmente a proteína (NOCEK; RUSSELL, 1988).

A avaliação dos parâmetros digestivos dos alimentos pode ser realizada por vários 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 no qual são submetidos os alimentos (MALAFAIA et al., 1998), porém não permitem a determinação das taxas de digestão da fração solúvel dos alimentos (SCHOFIELD; PELL, 1994).

Devido às limitações impostas pelas técnicas apresentadas, a técnica de produção de gás *in vitro* é uma das mais utilizadas para estimar a cinética de degradação (ABREU, 2012) por oferecer a estimativa da taxa de digestão com rapidez e estimar a digestibilidade dos alimentos em ruminantes (CAMPOS et al., 2000). Apesar da grande utilização da aveia branca na alimentação de ruminantes na região sul (HARTWIG et al., 2006), há escassez de dados na literatura relacionados à digestibilidade desta forrageira sob diferentes manejos de corte. Portanto, são necessários estudos sobre a digestibilidade e cinética de degradação da aveia branca IAPAR 126 sob diferentes alturas de corte para estabelecer o melhor manejo dessa forrageira objetivando seu uso na nutrição de ruminantes.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVOS GERAIS:

Determinar a cinética de degradação da aveia preta IAPAR 126 sob diferentes períodos de descanso por meio do método de produção de gás.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Verificar se o método de produção obteve aplicabilidade.
- Estimar os parâmetros cinéticos da degradação ruminal de matéria seca da aveia.
- Avaliar a participação dos carboidratos não fibrosos e fibrosos na forrageira
- Identificar a influência da altura de corte do pasto sob os parâmetros cinéticos de degradação ruminal.
- Estimar qual a altura ou período de corte proporcionará o maior índice de digestibilidade.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 IMPORTÂNCIA DA AVEIA PARA ALIMENTAÇÃO DE RUMINANTES

Os sistemas de produção animal cada vez se tornam mais competitivos, e diante deste cenário a forma mais econômica para alimentação de ruminantes é o sistema a pasto, além de ter menor impacto negativo ao meio ambiente, quando comparado com os sistemas confinados (BIANCHINI et al., 2007). Mas devido à estacionalidade de crescimento das gramíneas em função das alterações climáticas durante o ano, ocorre o declínio na quantidade e na qualidade das forrageiras tropicais, o que acarreta a necessidade de introduzir formas alternativas para alimentação dos ruminantes (SILVA, 2011).

Segundo Coelho Filho e Quadros (1995), produzir forragem de boa qualidade e aumentar o período de uso destas pastagens é uma alternativa bastante viável para contornar estes problemas. Além de minimizar os custos de produção principalmente em sistemas totalmente a pasto, produzir forragem de boa qualidade proporciona também melhores índices econômicos na cadeia produtiva de leite (PEDROSO, 2007). O autor faz comparações do uso de concentrado com forragem de boa e de má qualidade, em que conclui que utilizando forragem de boa qualidade é possível economizar até 1,56 kg de concentrado por dia por animal, considerando que uma boa forrageira teria 59,5% de nutrientes digestíveis totais (NDT), 55% de FDN (fibra em detergente neutro) e 12% de PB (proteína bruta).

Na região sul do Brasil onde a estação de inverno apresenta freqüentes geadas, as forrageiras de clima temperado são de grande relevância para alimentação de ruminantes, principalmente no que se refere ao suprimento de forragem durante os meses deste período. Geralmente as forrageiras de clima temperado são utilizadas como consorciações na região sul do Brasil, com o propósito de aumentar a produção e o valor nutritivo da forragem a ser ofertada (CARVALHO et al., 2010). Diante do exposto a aveia forrageira nesta região do país constitui uma das principais espécies de cultivo na estação fria (HARTWIG et al., 2006).

Segundo Moreira et al., (2005) a aveia forrageira, amplamente utilizada no

Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná, possui menos restrições quanto à temperatura no inverno do que o azevém para a germinação, por isso dentre as forrageiras de inverno a aveia é a mais utilizada (SÁ, 1995). No Paraná, segundo Monteiro et al. (1996), a aveia é cultivada, em todo o Estado, destacando a sua utilização para alimentação animal, também por possuir facilidade de cultivo e apresentar alto valor nutricional tanto da planta quanto dos grãos (HARTMANN, 1988). E atualmente tem agregado grande importância para o sistema de integração lavoura-pecuária (CARVALHO et al., 2008) que proporciona forte aceitação dos animais pela forrageira e contribui para melhor conservação e fertilidade do solo.

Além de possuir boa adaptação ao clima predominante a região sul que por sua vez é bastante variável, sua qualidade nutricional não fica a desejar. Januszkiewicz et al. (2010) ao comparar trigo aveia branca e triticales observaram maior valor nutricional com aveia branca, apesar da menor produção de MS em relação as demais forrageiras. Cecato et al. (2001), obtiveram para aveia preta lapar 61 valores com 20,61% de PB e 38,23% de FDN num primeiro corte do ciclo. Silva, (2011) avaliando a qualidade nutricional da aveia branca IAPAR 126 encontrou valores de 23,64; 17,25; 9,14 para PB e para digestibilidade *in vitro* da MS (%) (DIVMS) 81,32; 80,09 e 71,09 valores do 1º, 2º e 3º corte respectivamente. E segundo Hamilton et al. (1970) uma forragem que apresente valores de DIVMS acima de 65% é considerada de boa qualidade, ou seja, com indicativos de bom valor nutricional, permitindo o consumo de energia digestível satisfatório.

Mesmo com todos os benefícios já mencionados no texto, a adoção das pastagens anuais de inverno sofria alguns entraves, onde o principal é o período de pastejo das cultivares, ou seja, o ciclo vegetativo era curto, principalmente da aveia, com pequeno número de cortes, encerrando sua fase vegetativa estimulando seu florescimento precocemente. Desta forma, criava-se um déficit de oferta de forragem no período de agosto e setembro, devido ao fato da recuperação das forrageiras tropicais perenes ocorrer no início da primavera com o aumento da temperatura, luminosidade e início das chuvas para algumas regiões (SILVA, 2011). Mas com o desenvolvimento de novas cultivares anuais de inverno, com longos ciclos vegetativos, que proporcionam maior tempo de utilização para pastejo de ruminantes tem estimulado seu plantio ainda mais (BORTOLINI, 2005). Com isso, a aveia branca IAPAR 126, lançada pelo IAPAR (Instituto Agrônômico de pesquisa do

Paraná) no ano de 2005, apresenta características de ciclo longo, proporcionando forragem por mais tempo durante o inverno, é indicada para produção de forragem, rotação de culturas e cobertura de solo para plantio direto (IAPAR, 2006).

3.2 IMPORTÂNCIA DA CINÉTICA DE DEGRADAÇÃO EM ALIMENTOS

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 eles além de descrever a digestão, caracterizam as propriedades intrínsecas dos alimentos que limitam a disponibilidade para os ruminantes (MERTENS, 2005).

Os modelos dinâmicos da degradação fornecem estimativa dos valores nutritivos dos alimentos, com a mudança do alimento fornecido, da população microbiana e do estado fisiológico do animal, além de informações sobre os fatores que deprimem os processos digestivos (MERTENS, 1993). Por meio da estimativa das variáveis da cinética de digestão dos nutrientes no trato gastrintestinal, possibilita o fornecimento de dietas 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).

Até o início do ano de 1980, os métodos utilizados para avaliar alimentos para ruminantes forneciam apenas estimativa da digestibilidade potencial dos alimentos, obtendo pouca referência à dinâmica da fermentação ruminal. Uma segunda geração dos métodos foi desenvolvida, introduzindo estimativas da cinética de degradação do retículo-rúmen (VALENTIN et al., 1999).

O *The Cornell Net Carbohydrate and Protein System* (CNCPS) categoriza os microrganismos do rúmen como bactérias que fermentam os carboidratos fibrosos (CF) e carboidratos não fibrosos (CNF). Geralmente as bactérias que fermentam CF

degradam celulose e hemicelulose, crescendo lentamente e utilizando a amônia como fonte primária de N para síntese de proteína microbiana. As bactérias que fermentam CNF utilizam amido e pectina, e normalmente crescem mais rápido que as CF, podendo utilizar amônia ou aminoácidos como fonte de nitrogênio (SNIFFEN et al., 1992).

A taxa de crescimento bacteriano é determinada pela quantidade de carboidratos (CHOS) digeridos no rúmen, sendo as taxas de degradação (Kd) dos CHOS condicionado a 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 a hipótese de que o rúmen opera com limitações de substrato, estando a massa microbiana em excesso (RUSSEL et al., 1992).

Os carboidratos são classificados em não fibrosos (CNF), que compreendem as frações A (açúcares) e B₁ (amido e pectina, composto fibroso solúvel), e podem ser fermentados por bactérias ruminais que utilizam amônia e peptídeos como fonte de nitrogênio; e carboidratos fibrosos (CF), constituídos pelas frações B₂ (fração potencialmente degradável, que é parte do FDN do alimento (corrigida para o conteúdo em proteína e cinzas) que possui fermentação lenta no rúmen por bactérias que usam a amônia como fonte de nitrogênio e C (fração indegradável da parede celular) (SNIFFEN et al., 1992; VAN SOEST, 1994).

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 destas dentro de alimentos, podem afetar o suprimento de proteína microbiana ao intestino delgado e desta forma o desempenho animal fica comprometido (CABRAL et al., 2000). Portanto, torna-se de suma importância o estudo da cinética da digestão dos carboidratos, tornando possível, por meio de dietas adequadas, sincronizar a disponibilidade de energia e N no rúmen, permitindo o máximo desempenho das populações microbianas (RUSSELL et al., 1992).

3.3 IMPORTÂNCIA DE DETERMINAR A DIGESTIBILIDADE DOS ALIMENTOS

Digestão é o processo pelo qual ocorre a conversão de macromoléculas do alimento em compostos simples podendo ser absorvidos em locais do trato gástrico intestinal (ROCHA JR., 2003). Segundo Abreu, (2012) a digestibilidade, consumo e eficiência energética caracterizam o valor nutritivo de um alimento, porém a digestibilidade é a medida que apresenta maior precisão quando comparada com as demais. Isto se justifica pelo fato da degradabilidade oferecer menor variação entre os animais para estabelecer o valor alimentar (VAN SOEST, 1994).

Desta forma as medidas de digestibilidade têm sido ferramentas significativas 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 valores encontrados em 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 segundo Preston (1999), pelo motivo de ocorrer interação entre a composição do alimento com as capacidades digestivas e metabólicas de cada animal.

O coeficiente de digestibilidade de um alimento constitui um dos principais parâmetros nutricionais entre aqueles determinados pelo processo produtivo dos ruminantes. Em termos de conceituação nutricional básica, segundo Detmann et al. (2006), a digestibilidade aparente constitui a fração do alimento aparentemente retida durante sua passagem pelo trato gastrintestinal, onde sofre ações dos sistemas enzimáticos microbiano. Os coeficientes de digestibilidade dos componentes químicos de um alimento constituem parâmetros para obter o conteúdo energético do alimento, logicamente através dos nutrientes digestíveis totais (NDT) (DETMANN, 2008). O termo digestibilidade, se define como a fração do alimento consumido que é digerido e metabolizado pelo animal. A digestibilidade potencial dos componentes da planta, com exceção da lignina, é de 100%, entretanto, a total digestão não ocorre devido às incrustações de hemicelulose e celulose pela lignina, que possui efeito protetor, impossibilitando a ação dos microrganismos ruminais (WHITEMAN, 1980).

Experimentos realizados até então, em geral mostram correlações positivas entre parâmetros de digestibilidade e medidas de consumo de matéria seca. Não

tão distantes correlações negativas também são encontradas ao confrontar dados de digestibilidade com valores que representam proporções de parede celular em forrageiras (EUCLIDES et al., 1999; EUCLIDES et al., 2000). A digestibilidade aparente é obtida pela diferença entre a quantidade de alimento consumido e as fezes produzidas. Ou seja, a digestibilidade de uma forrageira é dependente do espaço de tempo que uma partícula permanece dentro do trato digestivo para sofrer todos os processos químicos, físicos e biológicos que envolvem a digestão de um ruminante. Isto indica que não só as taxas de digestão podem estar correlacionadas com o consumo voluntário, mas também a taxa de passagem. Sendo mais específico, essas duas taxas estão mais relacionadas com os constituintes da parede celular da forragem, considerando que o conteúdo celular é rapidamente fermentado no rúmen (JUNG; ALLEN, 1995).

3.4 TÉCNICAS DE DIGESTIBILIDADE

3.4.1 Método *in vivo*

A técnica de digestibilidade *in vivo* é considerada a técnica que apresenta resultados sobre o que realmente ocorre no organismo animal além de parecer ser mais próximo dos resultados obtidos na aplicação prática. Entretanto, a técnica possui alto custo, pois necessita de grande infra-estrutura, como gaiolas metabólicas, animais, grande quantidade de alimento, alta mão de obra, além de apresentar um processo demorado. Ferrari (2003), ainda coloca como limitação à técnica que as medidas estimam unicamente a degradação do alimento no trato gastrointestinal total, impossibilitando estimar isoladamente a degradabilidade ruminal ou intestinal.

A partir de experimentos *in vivo* podem se determinar valores mais confiáveis com relação ao valor nutricional, tais como consumo, desempenho animal e digestibilidade (SENGER et al., 2007).

Este método de avaliação da digestibilidade envolve um ensaio com animais

recebendo a dieta a ser avaliada por no mínimo duas semanas para adaptação antes do início das amostragens, período no qual é medido o consumo de alimento e a produção fecal (KITESSA; FLINN; IRISH, 1999). No entanto, a acurácia dos resultados é restrito ao nível de consumo, tipo de animal e do alimento utilizado no ensaio. Por exemplo, o aumento do nível de consumo pelos animais provocaria aumento na taxa de passagem do alimento pelo trato digestivo. Com isso, o tempo que o alimento estaria sujeito à degradação diminuiria, afetando a digestibilidade. Berchielli et al. (2011), relatam que quando a dieta é composta por mais de um ingrediente e se deseja conhecer a digestibilidade de um ingrediente isoladamente, pode se fazer uso do método da diferença (RYMER, 2000), considerando que não há efeito associativo entre os alimentos que constituem a dieta. Neste método segundo o autor é preciso que se tenha conhecimento da digestibilidade previamente dos outros componentes da dieta, e, por diferença se obtém o valor da digestibilidade do alimento teste que por sua vez, deve corresponder a maior proporção da dieta.

O tipo de animal também é outro fator que pode afetar a digestibilidade de alimentos *in vivo*. Kitessa, Flinn e Irish (1999) citam que ovinos tem maior capacidade para digerir eficientemente os grãos de cereais com relação aos bovinos e estes por sua vez, digerem com maior eficiência volumosos de baixa qualidade comparados aos ovinos.

3.4.2 Método *in situ*

Técnica denominada do saco de náilon, dácron, poliéster ou degradabilidade *in sacco* ou *in situ*, esta propicia uma estimativa rápida e simples da degradação dos nutrientes no rúmen, além de possibilitar o acompanhamento de degradação ao longo do tempo (MEHREZ; ORSKOV, 1977). O método de degradação *in situ* se baseia em que os alimentos e seus constituintes sejam compostos de três frações distintas: fração "a", que representa a fração solúvel do alimento, sendo que esta pode ser utilizada pelos microrganismos do rúmen imediatamente; fração "b", esta que corresponde à fração insolúvel potencialmente degradável, conforme o tipo de alimento e por ultimo o parâmetro "c" que está relacionado com a taxa de

degradação da fração "b", essas premissas permitem interpretar os resultados obtidos pelo método (MARTINS, 1999).

A técnica *in situ* foi inicialmente proposta por Mehrez e Orskov (1977), para estimar a taxa de degradação da proteína de concentrados protéicos. Sendo um método que oferece condições ótimas de temperatura, pH, tamponamento, substratos, enzimas para uma melhor degradação dos alimentos e conseqüentemente maior confiabilidade nos parâmetros obtidos (ASSIS et al., 1999).

A técnica *in situ* é caracterizada pela suspensão do alimento no rúmen do animal, desta forma torna – se necessário a implantação de uma cânula no animal, por meio da qual são introduzidos no interior do rúmen saquinhos de náilon contendo o alimento a ser degradado. O material fica armazenado no rúmen por um determinado período de tempo, desta forma o alimento a ser avaliado fica em contato direto com o ambiente rumina, sendo possível medir sua taxa de degradação (SOARES, 2007). Entretanto, a amostra não é submetida aos eventos digestivos, como por exemplo, mastigação, ruminação e passagem, sendo assim, é necessário que amostra tenha um tamanho de partícula que permita o acesso dos microrganismos ruminais a uma maior área de contato do alimento (NOCEK, 1988).

Esta técnica tem sido amplamente utilizada, especialmente por possibilitar a comparação de características de degradação entre alimentos e também por melhorar o conhecimento da digestão ruminal (VANZANT et al., 1998).

As principais vantagens dessa técnica estão relacionadas à sua rápida e fácil execução, à necessidade de pequena quantidade de alimento e ao fato de possibilitar o contato íntimo entre o alimento testado e o ambiente ruminal (TEIXEIRA, 1997). Entretanto diversos fatores afetam a degradação do alimento *in situ*, dentre estes fatores podemos citar a porosidade do saco, tamanho da amostra, tamanho da partícula da amostra, relação peso de amostra/superfície do saco, dieta do animal e freqüência de alimentação (NOCEK, 1988; HUNTINGTON; GIVENS, 1995).

A porosidade do saco é outra importante característica, dela depende a troca de material entre o meio ambiente ruminal e o meio interno do saco, permitindo que populações microbianas degradem o alimento e ao mesmo tempo limitem a saída de material não degradado. Desta forma, a realização de moagem excessiva pode acarretar na saída de pequenas partículas através dos poros do saco, resultando

numa superestimação das taxas de digestão (NOCEK, 1988).

Segundo Villalobos et al. (2000), a dieta pode ter um efeito definitivo na taxa de degradação do alimento que é incubado, pois determina a quantidade e os tipos de microrganismo que vão degradar o alimento. Além disso, devido ao fato do alimento estar em contato direto com os microrganismos ruminais, a contaminação do resíduo da fermentação é possivelmente uma das maiores fontes de erro nas estimativas de extensão e taxa de degradação da proteína (NOCEK, 1988; VANZANT et al., 1998).

3.4.3 Método *in vitro*

A avaliação de alimentos para uso animal pode ser feita por diversas técnicas, entre elas a digestibilidade *in vitro*, técnica largamente utilizada na análise dos mais variados tipos de alimentos fornecidos aos ruminantes (OLIVEIRA et al., 1993). A digestibilidade, principalmente de carboidratos, muitas vezes é avaliada por métodos *in vitro*, pois possuem a capacidade de simular o processo digestivo no rúmen. Além disso, com o avanço das leis de proteção ao bem estar animal e com uso de campanhas contra a utilização de animais fistulados ou canulados para experimentos, as técnicas *in vitro* devem tomar grande impulso no futuro (GIVENS; GILL, 1998).

As técnicas *in vitro* podem ser mais práticas e possibilitam a quantificação das características cinéticas intrínsecas do alimento. Isto se explica devido aos microrganismos e as enzimas serem sensíveis a fatores dietéticos que influenciam a taxa e a extensão da digestão (MERTENS, 2005).

O princípio das técnicas *in vitro* é manter amostras de alimento em contato com conteúdo ruminal tamponado em um recipiente onde se tenta reproduzir as condições existentes no rúmen tais como presença de microrganismos, anaerobiose, temperatura de 39°C e pH de 6,9 (MOULD et al., 2005). Essa técnica permite, perante a simulação das condições naturais da digestão, a obtenção de resultados significativos e confiáveis (OLIVEIRA et al., 1999). O método de Tilley e Terry (1963) ainda é o mais utilizado e simula uma digestão ruminal por 48 horas, e posteriormente uma digestão com pepsina por 48 horas, sendo que o resíduo

indigestível inclui microrganismos e outros materiais insolúveis em pepsina.

Para a avaliação da digestibilidade dos alimentos, a técnica *in vitro* apresenta vantagens como sua rapidez, a uniformidade físico-química do local de fermentação, a conveniência de se manter poucos animais fistulados (ALCALDE et al., 2001) além de permitir a estimativa da digestibilidade *in vitro* de uma grande quantidade de amostras simultaneamente com o uso da incubadora artificial (SANTOS et al., 2000). No entanto, podem apresentar falhas, por utilizarem inadequadamente o inóculo, os nutrientes essenciais, os tampões, ou os equipamentos que garantam as condições de anaerobiose e pH (VAN SOEST, 1994).

A principal desvantagem do método é a de não reproduzir todas as características do ambiente ruminal. Entretanto, esta desvantagem pode se reverter, quando o objetivo do ensaio é determinar as propriedades intrínsecas do alimento, pois as condições *in vitro* podem ser controladas de maneira a prevenir as flutuações físico-químicas do ambiente, o que permite isolar a característica de interesse do alimento, de modo que essa seja a variável limitante para o estudo de degradação (MERTENS, 1993a).

3.4.4 Método *in vitro* 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. Os gases produzidos são medidos como indicadores indiretos da cinética de fermentação. Quando o alimento é incubado, este primeiramente é degradado e a fração degradada pode ser fermentada e produzir gases e ácidos da fermentação ou incorporar-se à biomassa microbiana (RYMER, 2005). O principal objetivo da técnica de produção de gases *in vitro* é prover informação que é relevante na interpretação de valores nutricionais de alimentos e/ou respostas animais e/ou impactos animais no ambiente (KRISHNAMOORTHY, 2005).

Fatores podem comprometer a fermentação *in vitro* tais como: a fonte e preparo do inóculo, composição e preparo do meio, preparo do substrato, afetando

assim, a medição de produção de gases. Dados de produção de gases *in vitro* podem ser úteis quando são complementados com outros dados, 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). Pell et al. (1994) também relataram limitações da técnica de produção de gás, que estão relacionadas com a fração dos gases que é oriunda do CO₂ resultante do bicarbonato contido no meio de cultura. 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. Além disso, a interpretação dos dados de produção cumulativa de gás é mais difícil, exigindo modelos logísticos complexos, sendo, portanto, mais laboriosa do que a interpretação dos dados gravimétricos de desaparecimento dos nutrientes.

Segundo Bueno et al. (2005), os sistemas de produção de gases *in vitro* proporcionam uma estimativa da digestibilidade da matéria seca (MS) e/ou da matéria orgânica (MO), e são um indicador direto dos produtos finais produzidos, como a produção de gases, e indireta como ácidos graxos de cadeia curta (AGCC). De acordo com Getachew et al. (2004), a quantidade de gases produzidos de um alimento em incubação reflete a produção de AGCC, os quais são a principal fonte de energia dos ruminantes. Os gases surgem diretamente da degradação microbiana dos alimentos, e indiretamente da reação do tampão com os ácidos gerados como resultado da fermentação.

As taxas de produção de AGCC variam com o tempo após a ingestão, e com o tipo de alimento. Quando o alimento é à base de concentrado, a curva é mais aguda e o pico de produção ocorre em torno de 2 a 3h após a ingestão. De outro modo, quando a dieta consiste de forragem (volumoso), a curva de produção é menos aguda e o pico ocorre em torno de 4 a 5h após a ingestão (KOZLOSKI, 2002).

As taxas de produção de AGCC variam com o tempo após a ingestão, e com o tipo de alimento. Quando o alimento é à base de concentrado, a curva é mais aguda e o pico de produção ocorre em torno de 2 a 3h após a ingestão. De outro modo, quando a dieta consiste de forragem (volumoso), a curva de produção é menos aguda e o pico ocorre em torno de 4 a 5h após a ingestão (KOZLOSKI, 2002).

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 dos alimentos e com o teor de extrato etéreo. Segundo Russell et al. 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, prever com maior precisão o desempenho dos animais através dos ingredientes da dieta.

3.4.5 Degradação gravimétrica *in vitro*

Valores de digestibilidade da fibra em detergente neutro (DFDN) são usados para estimar o conteúdo de energia dos alimentos para formulação de dietas (NRC, 2001) e para estimar a digestibilidade de forragens usadas no campo. Varias metodologias são usadas para quantificar a fermentação *in vitro* por meio de adição de cultura microbiana ruminal com o objetivo de quantificar a DFDN, entre essas estão compreendidas as quais se utilizam pressão contínua de CO₂ (GOERING e VAN SOEST, 1970), tubos de centrifuga com válvulas de liberação de gás (MOORE; MOTT, 1976) e frascos lacrados com rolhas de borracha e lacres de alumínio (PELL e SCHOFIELD, 1993). Cada técnica possui seu diferencial, porém, apresentam características indesejáveis, como por exemplo, dificuldade na homogeneização da amostra em tempos médios de fermentação com a utilização de tubos em centrífuga com válvulas de liberação de gás, o que causa inibição da digestão (GRANT; MERTENS, 1992).

Foram avaliadas diferentes metodologias para estimação da digestibilidade gravimétrica da fibra e concluiu-se que essa variável pode ser alterada pela metodologia de fermentação adotada; conseqüentemente, os valores de digestibilidade da fibra observados para os diferentes métodos não são comparáveis (HALL; MERTENS, 2008).

O método de análise de fermentação *in vitro* (TILLEY; TERRY, 1963; GOERING; VAN SOEST, 1970) é amplamente utilizado, entretanto apresenta

desvantagens. Primeiramente a análise da fibra destrói a amostra e são necessárias diferentes amostras para cada ponto de avaliação, tornando os estudos de cinética trabalhosos, tediosos e com poucas repetições em cada tempo de incubação, os estágios iniciais da digestão são de difícil estudo devido a perda de massa correspondente é baixa e por ultimo a taxa de degradação dos componentes solúveis da forragem pode não ser determinada.

Pell e Schofield (1993) avaliaram a digestibilidade *in vitro* da forragem e concluíram que o método gravimétrico *in vitro* quantifica o desaparecimento dos componentes do substrato, enquanto que o método de produção de gases foca no aparecimento dos produtos da fermentação, estes produtos são o resultantes da fermentação dos substratos solúveis e insolúveis, considerado pelos autores uma vantagem sobre o método tradicional em que não considera o substrato solúvel.

3.5 INFLUÊNCIAS DO MANEJO DE CORTE NA PASTAGEM SOB A DIGESTIBILIDADE

Segundo Ferreira et al., (2005) o intervalo entre cortes é um fator de manejo que possui influencia significativamente na produção e na qualidade da forragem. O autor relata que ao realizar cortes com intervalos maiores se obtém maior produção de MS, entretanto, ocorre simultaneamente decréscimo significativo na qualidade. Andrade e Gomide (1971) avaliaram efeito dos dias de descanso sob a qualidade nutricional do capim-elefante quando cortada a 28, 56, 84, 112 e 140 dias de crescimento, obtiveram valores de PB gradativamente reduzidos sendo 15,3; 8,4; 4,8; 4,1; 4,2 respectivamente com os dias de rebrote.

O avanço da maturidade da planta causa um aumento da lignificação do tecido estrutural (VAN SOEST, 1994), uma redução na taxa de crescimento de lâminas e um alongamento e acompanhando da lignificação do colmo, o que reduz o valor nutricional desta planta (DABO et al., 1987). O avanço da idade das plantas exerce efeito sobre a fração da parede celular. Primeiramente, a proporção de carboidratos da parede celular aumenta, mas simultaneamente as características da composição química e da digestão também são alteradas. O consumo de alimento e a digestibilidade são dependentes da cinética da digestão no rúmen

(VAN SOEST, 1994).

Apesar da produção de MS ser um dos fatores que auxiliam na escolha e no manejo da forrageira, a avaliação da digestibilidade e da degradação ruminal em diferentes idades também são fatores importantes. Pois, além de fornecer valores que permitam a comparação entre diferentes espécies, revelam qual é o melhor estágio de maturação durante o ciclo vegetativo para aumentar a eficiência de utilização da forrageira pelo animal (RODRIGUES et al., 2004).

Cândido et al. (2005), avaliando coeficientes de DIVMS de cultivares de *Panicum maximum* cv. *Mombaça* obtiveram valores superiores aos citados por Oliveira et al. (2000), que avaliaram gramíneas tropicais com idades de rebrote de 25 dias e obtiveram valores da ordem de 62%. Em contrapartida, segundo os autores, entre as idades de rebrota de 28 a 35 dias foram encontradas DIVMS superiores as médias encontradas comumente em gramíneas tropicais. Oliveira et al. (2000), realizaram experimento com pastagem de capim-tifton 85, durante o período das chuvas (dezembro-fevereiro), os autores testaram a influência da idade de corte sobre o valor nutritivo desta forrageira. As idades testadas foram: 14, 21, 28, 35, 42, 49, 56, 63, 70 dias, e os valores de DIVMS para lâmina foram 74,4; 72,1; 61,9; 54,5; 52,6; 49,1; 51,0; 46,1; 50,1 % e para colmo de 75,8; 68,7; 63,3; 58,2; 51,6; 44,7; 44,2; 44,7; 44,8 % sob as respectivas idades de corte. Oliveira et al. (2000), ainda complementaram relatando que além do decréscimo na digestibilidade o mesmo ocorreu com a PB a medida que se avançava a idade da planta, e que os teores de FDN se elevaram até os 51 dias de rebrota.

Cedeño et al. (2003), em experimento com capins Coast cross, 68 e Tifton 85 avaliando o efeito da idade sob o desempenho dos cultivares, relataram decréscimo de 18,61% da digestibilidade *in vitro* para o *Tifton* 68 e 19,59% para o Tifton 85 comparando 28 e 56 dias de período de descanso. Já Velásquez et al. (2010) avaliando o *Tifton* 85 obtiveram aumento na digestibilidade quando comparado 28 (47,30%) e 35 (53,40%) dias de rebrota, porém quando comparado 35 e 42 (52,70%) dias a pastagem apresentou decréscimos nos valores de digestibilidades

Ferreira et al. (2005) avaliaram três idades de rebrota (21, 42 e 63 dias) em gramíneas do gênero *Cynodon* e encontraram decréscimo na digestibilidade *in vitro* da matéria seca com o avanço da idade da planta com os devidos períodos de descanso. Quando o crescimento vegetativo da planta é favorecido pelas

condições climáticas ocorre um desenvolvimento maior de seus tecidos, que conseqüentemente podem influenciar na composição química da mesma, pois devido à aceleração do seu crescimento além de haver maior acúmulo de material senescente a atividade metabólica é maior acarretando na conversão dos produtos da fotossíntese em tecidos estruturais, reforçando a parede celular para dar suporte à sua taxa de crescimento vegetativo e assim proporcionando acréscimo nos valores de FDN e FDA (fibra em detergente ácido), dessa forma os teores protéicos e principalmente a DIVMS são reduzidos (MACHADO et al., 1998).

Mislevy (2011) avaliou a digestibilidade de gramíneas do gênero *Cynodon* durante o período de verão-outono, submetidas a intervalos de corte de quatro e cinco semanas e relatou valores de 58 e 51% respectivamente. Ferreira et al. (2005) estudaram a composição química e a cinética da degradação ruminal das gramíneas *Tifton 44*, *Tifton 85* e *Côast cross* manejadas em três idades de rebrota (21, 42 e 63 dias) e relataram que com o avanço da idade da planta os cultivares tiveram redução nos valores de fração solúvel, fração potencialmente degradável e degradabilidade efetiva.

Na literatura são encontrados diversos trabalhos (QUEIROZ et al., 2000; BRITO, 2003; PACIULLO et al., 2001; PACIULLO, 2002; VELÁSQUEZ et al., 2010) nos quais os valores de FDN, FDA e lignina apresentaram correlação negativa com a digestibilidade. A queda de digestibilidade da forragem à medida que a idade da planta é avançada é relatada em praticamente todos os trabalhos desta natureza (EUCLIDES et al., 1999; EUCLIDES et al., 2000; CÂNDIDO et al., 2005).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 LOCAL DO EXPERIMENTO

O trabalho foi conduzido na Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Dois Vizinhos localizado no terceiro planalto paranaense, com altitude de 520 m, latitude de 25°44" Sul e longitude de 54°04" Oeste, onde o clima é do tipo subtropical úmido mesotérmico (Cfa), segundo a classificação de Köppen (MAAK, 1968). Este trabalho faz parte da dissertação do aluno Silvonei Tiago Ricacheski do Programa de Pós Graduação em Zootecnia da UTFPR Campus Dois Vizinhos.

A implantação da pastagem de aveia branca (*Avena sativa*) variedade IAPAR-126 foi feita no dia 18 de abril de 2012 conforme recomendação de (PIN, 2011) que obtiveram maior produção de matéria seca e taxa de alongamento deste cultivar nas épocas de plantio de 4 a 24 de abril respectivamente.

Foram analisados os períodos de descanso de: 14, 21, 28 e 35 dias distribuídos em quatro blocos casualizados. Foi utilizada uma área de bordadura de cinco metros. Somando as 16 parcelas com 25 m² cada, dois corredores de 0,5 m de largura cruzando ao meio da área do experimento para facilitar o acesso às parcelas e mais a área da bordadura totalizou uma área experimental de 1540,25 m². Os cortes foram feitos a 10 cm do solo. O primeiro corte foi realizado como forma de padronização para todos os tratamentos.

A adubação utilizada foi manual de forma padrão, homogênea e fracionada para todas as parcelas com o intuito de minimizar possíveis interferências nos tratamentos. Sendo administrada a adubação de base com 15 kg ha⁻¹ de N, 75 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 45 kg ha⁻¹ de K₂O, posteriormente realizou-se adubação de cobertura com 60 kg ha⁻¹ de N na forma de uréia dividida em três aplicações: a primeira, no corte de padronização e as duas seqüentes com 28 e 56 dias após o primeiro corte.

As amostras coletadas foram transportadas imediatamente para a sala de estufas de pré-secagem da UNEP - Mecanização da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Dois Vizinhos onde foram submetidas à secagem em estufa com ventilação de ar forçado a 55 °C durante 72 horas para determinação da

matéria seca. Os dados foram analisados usando o modelo estatístico:

$$Y_{ijkl} = \mu + D_i + B_j + D_i B_j + C_k + D_i C_k + \varepsilon_{ijkl}$$

em que, μ é a média geral; D_i é o efeito do tratamento, sendo $i = 1, 2, 3$ e 4 para dias de descanso 14, 21, 28, 35 dias respectivamente; B_j refere-se ao efeito do bloco em que $j = 1, 2, 3$ e 4 ; $D_i B_j$ é a interação entre tratamentos e blocos; C_k é a ordem de corte, sendo que $k = 1$ e 2 ; $D_i C_k$ é a interação dos tratamentos com a ordem de corte; e ε_{ijkl} refere-se ao erro com variância $V(0, V\delta_e^2)$, sendo $V\delta_e^2$ a matriz de variância e covariância que for modelada.

Durante a execução do projeto foram tomadas algumas medidas de ajuste com relação ao número de amostras a serem avaliadas, devido principalmente ao tempo já decorrido em contraste com o período do término do trabalho. Como algumas parcelas tiveram maior número de cortes chegando até o sexto corte que foi o caso dos tratamentos com menores períodos de descanso, se optou por utilizar apenas dois cortes para cada tratamento. Sendo assim, as respectivas amostras escolhidas tiveram seus cortes no período entre quatro de julho a quinze de agosto de 2012, totalizando 32 amostras a serem incubadas. As amostras secas ao ar foram pesadas em balança analítica (cerca de 0,5g,) e transferidas para frascos de penicilina de 100 mL previamente individualmente.

4.1 PREPARAÇÃO DO MEIO

As quantidades apresentadas são suficientes para a incubações de 20 amostras.

A preparação das soluções que deram origem ao meio de cultura foi realizada conforme Goering; Van Soest, 1970 (Tabela 1). Posteriormente realizou -se o preparo do meio de cultura, com a adição de 2 g de trypticase peptone em 400 mL água, e 0,1 mL da solução micromineral, agitando até dissolver. Em seguida, acrescentou-se 200 mL da solução tampão, 200 mL da solução macromineral, 1 mL da solução de resazurina e por ultimo 40 mL da solução de redução.

Após a homogeneização da solução, esta foi encaminhada ao banho-maria à temperatura de 39°C sob aspersão de CO₂ até a redução (indicada pela mudança de cor arroxeadada para transparente) da solução. Após a solução estar reduzida se iniciou o preparo do inóculo (Figura 1).

Tabela 1 – Preparo das soluções que compõe o meio de cultura segundo Goering; Van Soest, (1970).

Solução	Vol. de água destilada	Reagentes
Solução Tampão	1 l	4 g/l (NH ₄)HCO ₃ (bicarbonato de amônio). 35 g/l NaHCO ₃ (bicarbonato de sódio).
Solução de Macromineral	1 l	5,7 g/l Na ₂ HPO ₄ (fosfato dissódico ou fosfato de sódio dibásico anidro). 6,2 g/l KH ₂ PO ₄ (dihidrogenofosfato de potássio ou fosfato de potássio monobásico anidro). 0,6 g/l MgSO ₄ 7H ₂ O (sulfato de Magnésio heptahidratado). 2,2 g/L NaCl (cloreto de sódio).
Solução de Micromineral	1 l	13,2 g/0,1 l CaCl ₂ (cloreto de cálcio). 10,0 g/0,1 l MnCl ₂ 4H ₂ O (cloreto de manganês tetra hidratado). 1 g/0,1 l CoCl ₂ 6H ₂ O (cloreto de cobalto hexahidratado). 8 g/0,1 l F ₂ Cl ₃ 6H ₂ O (cloreto de ferro hexagidratado).
Solução de NaOH	1 l	40 g/l NaOH (hidróxido de sódio).
Solução Redutora	0,19 l	1,25 g de Cisteína HCl. 8 mL de solução 1 Molar de NaOH. 1,25 g de Sulfeto de Sódio Nonahidratado (Na ₂ S 9H ₂ O). Completar com água até 0,2 l.

O inóculo foi obtido a partir de um boi fistulado da raça Holandês com aproximadamente 650 kg de massa corporal. Para o preparo do inóculo segundo (ABREU, 2012) utilizou-se uma garrafa de gás CO₂, duas garrafas térmicas (uma para armazenar o líquido runimal e outra para a ingesta fibrosa) e pano de algodão para filtrar o material.

Primeiramente foi coletado o líquido ruminal e filtrado em um pano de algodão com dobra simples e armazenado em uma das garrafas térmicas já sob pressão de gás CO₂, posteriormente coletou-se a ingesta fibrosa que foi armazenada em outra garrafa térmica.



Figura 1 – Fotografias ilustrando a redução do meio de cultura sob pressão de gás CO₂.

Imediatamente após a coleta o material foi encaminhado para o laboratório de Parasitologia para o preparo do inóculo, seguindo a proporção de 2:1 de líquido e ingesta ruminal respectivamente. A quantidade de inóculo necessária a ser preparada foi calculada através da metodologia descrita por Goering e Van Soest (1970) que recomenda 10 mL para cada frasco incubado. Desta forma, foram adicionados 500 mL de líquido e 250 g de ingesta num liquidificador batendo até ocorrer boa homogeneização dos materiais. Imediatamente após a homogeneização o inóculo foi filtrado em pano de algodão com duas camadas e adicionado ao meio de cultura reduzido em uma proporção de 4:1 respectivamente, e a mistura mantida a 39°C em banho maria, com fornecimento de gás CO₂ até que a mistura fosse transferida para os frascos (HALL; MERTENS, 2008) (Fotografia 1).



Fotografia 1 – Inóculo pronto adicionado ao meio de cultura sob pressão de CO₂.

Foram adicionados 50 mL da mistura sob constante pressão de CO₂, em cada frasco contendo as amostras de pastagem de aveia. Após os frascos serem preenchidos, os mesmos foram tampados com rolha de borracha e lacrados utilizando lacre de alumínio com auxílio de um alicate de pressão adaptado e uma morsa para prender os frascos. Posteriormente, os frascos foram alocados no banho maria a 39°C onde ficaram até o término das medições de gás.

4.2 EQUIPAMENTO MENSURADOR DE GÁS

A produção de gás foi mensurada por meio de um dispositivo não automatizado semelhante ao utilizado por Malafaia et al. (1998). O dispositivo contém um manômetro (0 - 8 psi; incrementos de 0,1), acoplado a uma válvula de três vias de plástico (three way), ligada às duas mangueiras. Uma das mangueiras ligava a válvula a um tubo de silicone (10 mm; Ø 1,5 m de comprimento) na extremidade do qual foi acoplada uma seringa descartável de 3 mL com agulha de calibre 25 x 7 (22G x 1). Uma segunda mangueira ligava a válvula ao manômetro por meio de um tubo plástico (6 mm; Ø 0,4 m de comprimento) ligado a um conector com engate rápido e este a uma luva de redução. Partindo da primeira válvula esta foi ligada por um tubo de silicone (Ø 10 mm; 0,05 m de comprimento) a uma segunda válvula (*three way*) com o objetivo de direcionar a terceira mangueira (tubo de silicone; Ø 10 mm;

1,3 m de comprimento) ao sistema vaso comunicante de forma a proporcionar uma válvula de escape para saída dos gases. O sistema vaso comunicante formado por uma pipeta graduada 25 mL (incrementos de 0,1 ml), com a sua extremidade cônica ligada à haste estreita e apertada no funil de separação (1.000 mL) por meio de outro tubo de silicone (\varnothing 10 mm; 0,4 m de comprimento) foi preenchido através da boca do funil com uma solução 0,1 g/L de resazurina com volume suficiente para atingir a marca de zero (menisco) da pipeta graduada de acordo com o princípio dos vasos comunicantes.

O líquido foi colocado com cuidado para evitar formação de bolhas de ar. O funil e a pipeta foram presos a um suporte de metal em posição vertical e estático (Figura 2).



Figura 2 – Fotografias dos equipamentos utilizados para realização da metodologia.

4.3 LEITURAS DE PRESSÃO E VOLUME DE GÁS

A pressão do gás gerado por meio da fermentação nos frascos incubados foi lida no manômetro, inserindo a agulha na rolha de borracha do frasco selado, e o volume de gás produzido foi aferido em seguida fazendo uma mudança de posição da

válvula de três vias para liberar o gás até a pipeta graduada, onde a pressão exercida pelo mesmo movimentava a coluna da solução de resazurina. O objetivo de fixar a agulha junto à seringa na extremidade do tubo de silicone era justamente para a realização da leitura da pressão e do volume, sem que houvesse a necessidade de retirar os frascos do banho maria. No entanto, os frascos foram removidos todos os dias para serem ligeiramente agitados no início da manhã, ao meio dia e no início da noite para misturar o conteúdo incubado, lembrando que esta prática foi executada sempre após a realização das leituras.

As leituras de pressão e de volume foram realizadas a 1, 2, 3, 6, 8, 10, 12, 16, 20, 24, 30, 36, 48, 72, e 96 h de incubação. As leituras de volume foram expressas em mL/0.1 g de MS. Ao final do período total de incubação foi aferido o valor do pH do substrato incubado em cada frasco, com a utilização de phmetro devidamente já calibrado.

4.4 INTERPRETAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

As curvas de produção acumulativa de gases observadas *in vitro* foram utilizadas para verificar qual modelo logístico melhor se ajustava. Primeiramente testou o modelo bicompartimental Brody-Gompertz:

$$Y = V_{f1}(1 - \exp(-k_1 t)) + V_{f2} \exp[-\exp(1 + \exp(1) k_2(\lambda - t))] \quad (1)$$

O modelo logístico bicompartimental (SCHOFIELD et al., 1994) também foi testado dado por:

$$V = \frac{V_1}{1 + e^{[2-4k_1(t-\lambda)]}} + \frac{V_2}{1 + e^{[2-4k_2(t-\lambda)]}} + \varepsilon \quad (2)$$

e em que, V = volume de gases (mL g⁻¹ MO degradada) no tempo t ; V_1 = volume máximo de gases produzidos pela degradação da fração solúvel de rápida digestão;

V_2 = volume máximo de gases produzidos pela degradação da fração insolúvel potencialmente degradável de lenta digestão; V_T ($V_1 + V_2$) = volume total de gases produzidos; k_1 = taxa específica de produção de gases pela degradação da fração solúvel de rápida digestão; k_2 = taxa específica de produção de gases pela degradação da fração insolúvel potencialmente degradável de lenta digestão; t = tempo de incubação; e = exponencial; λ = fase de latência (*lag time*); ε = erro experimental associado a cada observação, suposto \sim NIID ($0; \sigma^2$).

Os parâmetros ajustados no modelo logístico bicompartimental foram estimados pelo procedimento NLIN do aplicativo SAS[®] (versão 9.0) com o método de Marquardt. Para comparar se os tratamentos (dias de descanso) influenciaram o valor dos parâmetros foi utilizada a análise de medidas repetidas (cada tratamento foi analisado duas vezes ao longo do tempo) com a metodologia de modelos mistos por meio do procedimento PROC MIXED do SAS[®] (versão 9.0) e a máxima verossimilhança restrita (REML) como o método de estimativa. Para a modelagem da matriz de variância e covariância (matriz R), foram testadas quatro estruturas: VC: (componentes de variância) caracterizada por variâncias iguais e observações independentes (não há correlação entre as observações ao longo do tempo); CS: (simetria composta) caracterizada pela igualdade de variâncias e covariâncias; AR (1): (auto regressiva de primeira ordem) que se identifica por variâncias e covariâncias iguais com correlação maior entre medidas adjacentes; UN: (não estruturada) é caracterizada por nenhum modelo matemático ser importado à matriz de covariâncias (SAS, 2001). A estrutura da matriz R adequada para cada parâmetro foi escolhida considerando o menor valor do Critério de Informação de Akaike Corregido (AICC). Após definida a melhor estrutura da matriz R, o resultado do teste de efeito fixo (dias de descanso) obtido com esta matriz era usado como critério decisório acerca da significância do efeito de tratamento ($\alpha=0,05$). Nos casos em que o efeito de tratamento (dias de descanso) foi considerado significativo, os parâmetros foram submetidos à análise de regressão das estimativas dos parâmetros em função dos tratamentos pelo programa SAS[®] (versão 9.0).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A relação entre pressão e volume dos gases foi linear (Gráfico 1) e altamente significativa ($P < 0,0001$). Esta relação proposta por Theodorou et al. (1994), serve para conferir se o equipamento apresenta precisão constante durante todos os tempos de incubação. Segundo os autores, a pressão máxima não deve ultrapassar 7 psi, pois acima deste valor, a pressuposição de relação linear entre pressão e o volume é violada. No presente trabalho os valores de pressão foram todos inferiores a 3 psi, ou seja, foram menores que o valor máximo preconizado por Theodorou et al. (1994).

Entretanto, o intercepto da regressão linear entre a pressão e o volume obtido no presente trabalho, possuiu um viés devido à sensibilidade do manômetro, que detecta a pressão somente quando o volume de gás acumulado no frasco é superior a 6,0 mL, resultado constatado também em experimento semelhante conduzido por ABREU, (2012). O referido autor obteve valores de β_0 (6,0) e β_1 (7,6) muito semelhantes aos deste trabalho.

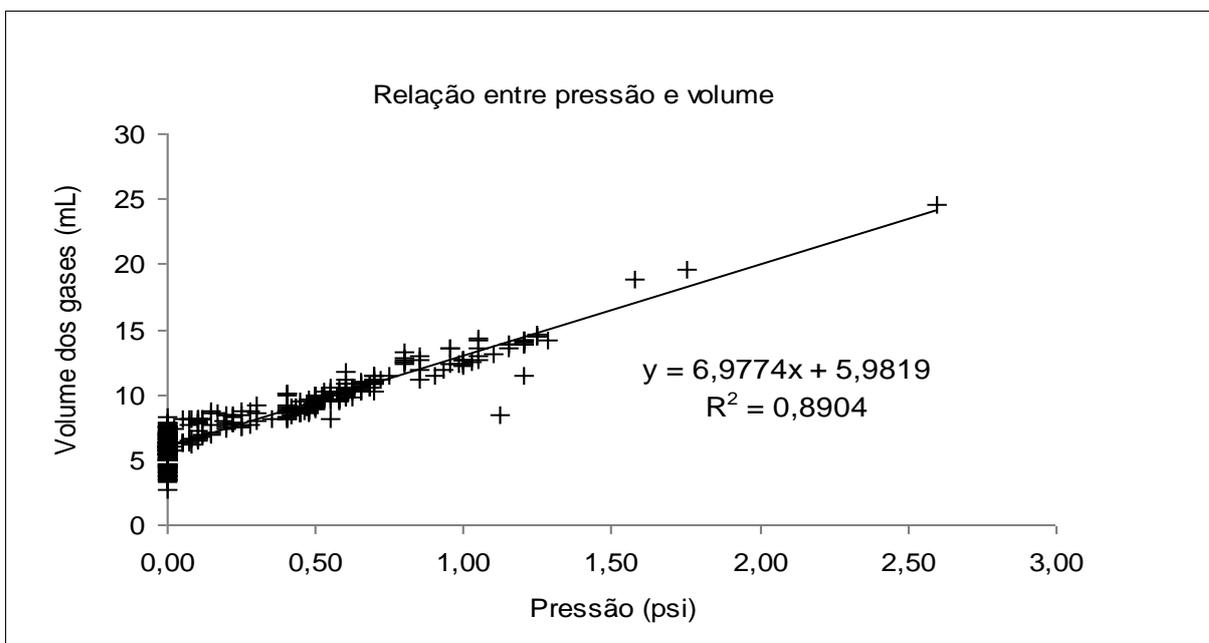


Gráfico 1 - Relação entre volume (mL) e pressão (psi) representada pelas leituras (cruzes = 480).

A produção de gás foi padronizada em mL/0,1g de MS de amostra incubada, e os valores de volume de gás produzido nos diferentes intervalos de incubação, foram utilizados primeiramente para ajustar os parâmetros do modelo bicompartimental Brody-Gompertz (equação 1). Contudo, este modelo resultou em estimativas com difícil explicação biológica, por exemplo, valores de k_2 maiores que de k_1 . Isso significaria que a taxa de degradação dos carboidratos fibrosos é maior que a de carboidratos não fibrosos, o que, de acordo com a vasta literatura na área (SCHOFIELD et al., 1994; CABRAL et al., 2000; MALAFAIA et al., 1998; PELL;SCHOFIELD, 1993; RYMER et al., 2005; FERNANDES et al., 2003; ABREU, 2012), não é verdade.

Portanto, optou-se por fazer um novo ajuste utilizando o modelo bicompartimental de Schofield (equação 2). A utilização do modelo de Schofield et al. (1994), permitiu a obtenção de estimativas dos parâmetros k_1 e k_2 mais condizentes com a teoria em que k_1 é maior que k_2 (SCHOFIELD et al., 1994; CABRAL et al., 2000; MALAFAIA et al., 1998; PELL;SCHOFIELD, 1993; RYMER et al., 2005; FERNANDES et al., 2003; ABREU, 2012) (Gráfico 2).

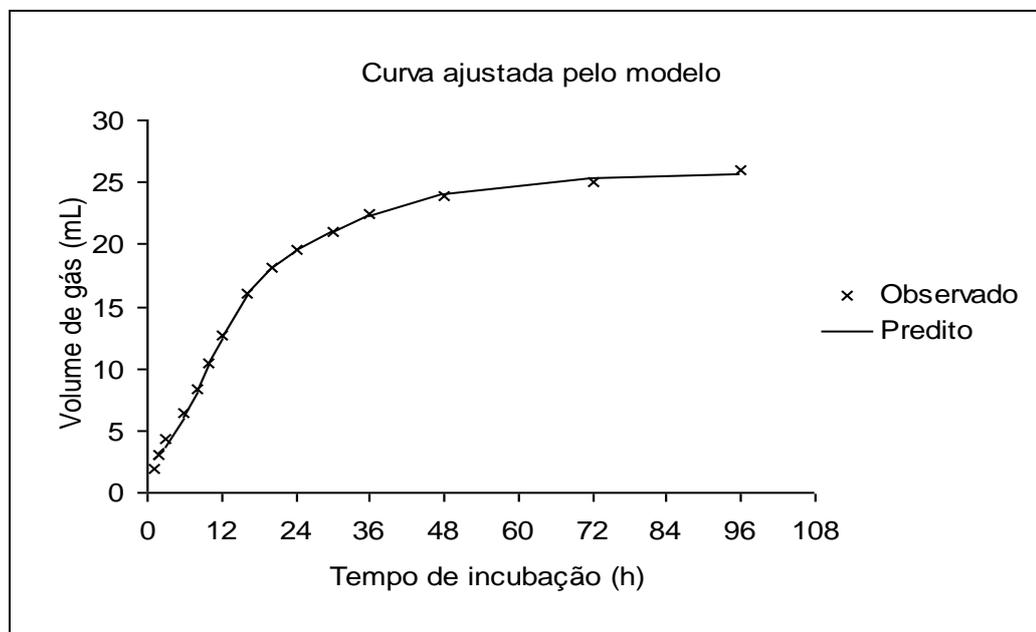


Gráfico 2 - Ajuste da curva de produção de gás aos pontos observados pelo modelo de SCHOLFIELD, (1994).

As matrizes de variância e de covariância que melhor se ajustaram aos dados

foram escolhidas por meio do Critério de Informação de Akaike Corrigido (AICC), (Tabela 2). A matriz com menor valor de AICC deve ser a escolhida (LITTELL et al., 2006). A matriz VC proporcionou o ajuste mais adequado dos erros para os parâmetros V_1 , k_1 , k_2 e V_2 . Para λ as matrizes CS e AR (1), demonstraram melhor ajuste dos erros, apresentando os mesmos valores de AICC. A matriz UN não convergiu para os parâmetros k_1 e k_2 , e para os demais parâmetros registrou problema na hessiana, demonstrando não ser adequada (Tabela 2).

Tabela 2 - Valores de Critério de Informação de Akaike Corrigido para as estruturas de variância e de covariância modeladas para V_1 , k_1 , k_2 , V_2 e λ .

Estrutura	Parâmetros				
	V_1	k_1	k_2	V_2	λ
VC	119,5	-206,8	-289,9	133,9	69,2
CS	121,8	-214	-288	135,9	56,5
AR (1)	121,8	-214	-288	135,9	56,5
UN	104,3	*	*	115,4	61,9

VC: componentes de variância; CS: simetria composta; AR (1): auto regressiva de primeira ordem; UN: não estruturada; * Não convergiu.

O volume de gás produzido pela degradação dos carboidratos não fibrosos (V_1) e pelos carboidratos fibrosos (V_2), não foram influenciados pelos dias de descanso (Figura 3). Isto pode ter acontecido porque os teores de proteína bruta (PB) são influenciados pelos dias de descanso, tendo efeito altamente significativo ($P=0,0002$), expressando maiores teores nos tratamentos com menor intervalo de descanso (Gráfico 3). A determinação do teor de proteína bruta foi feita pelo método de Kjeldhal, e as análises foram realizadas pelo aluno do Programa de Pós Graduação em Zootecnia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná Silvonei Tiago Ricacheski. O amadurecimento das plantas forrageiras implica na síntese da parede celular, participando ativamente dos processos metabólicos, com a deposição de moléculas orgânicas não-nitrogenadas (celulose, hemicelulose, lignina). Sendo assim, ocorre redução no teor de compostos nitrogenados (MAYNARD et al., 1984; VAN SOEST,1994).

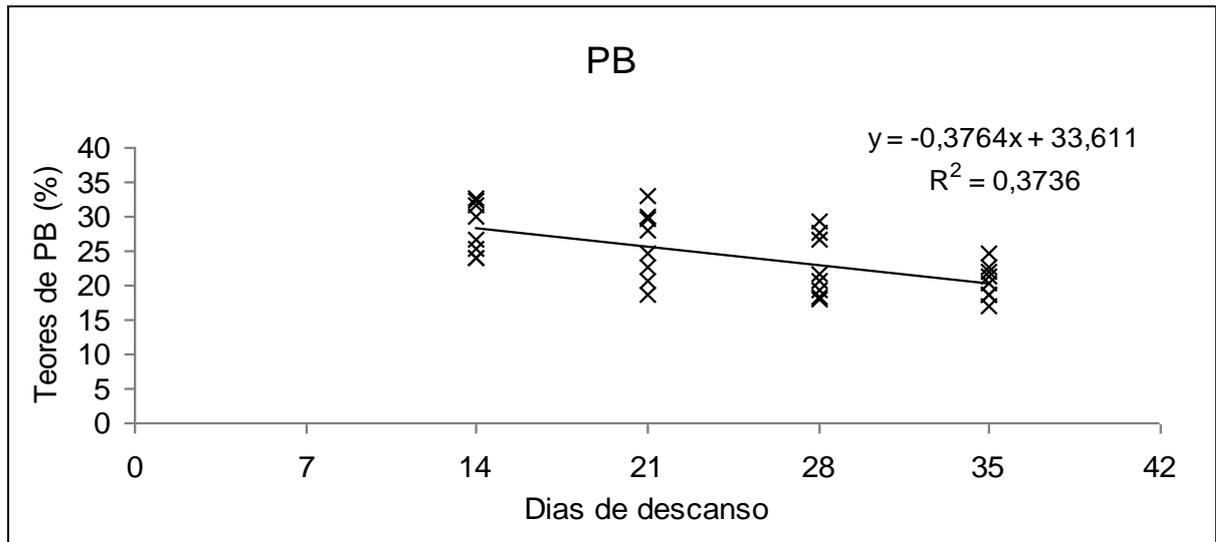


Gráfico 3 – Teores de proteína bruta (%).

Portanto, o maior teor de proteína solúvel das forrageiras com menor período de descanso entre cortes, reduz a produção de gás em 2,48 mL/g de matéria orgânica (MO) fermentada, principalmente nas horas iniciais de incubação. A amônia oriunda da fermentação da proteína influencia o equilíbrio do tampão bicarbonato, por capturar íons H^+ reduzindo a liberação de CO_2 (CONE; VAN GELDER, 1999). Desta forma, o volume de gás oriundo dos CNF pode ficar mais próximo dos valores obtidos nos CF, dificultando detectar possíveis diferenças, o que exige uma correção para a fermentação de proteína.

Velásquez (2006), avaliando volume de gás produzido às 96 horas de incubação, não encontrou diferença significativa para diferentes espécies forrageiras (*Brachiaria brizanta*, *Tifton 85* e *Tanzânia*) submetidas a três idades de corte (28, 35 e 42 dias). Cabral et al. (2000), também não encontraram diferenças entre V_1 e V_2 para capim tifton-85 cortado em duas diferentes alturas (30 e 50 cm).

A produção acumulativa de gases da matéria seca total ($V_1 + V_2$) é o somatório dos gases produzidos pelas frações solúveis e insolúveis. Independente dos intervalos de descanso, a produção de gás não foi influenciada. As curvas tiveram aumento linear nas primeiras horas de incubação, isto deve-se a alta degradação da matéria seca, que tende a tornar-se constante atingindo uma assíntota (Figura 3). benéfico para o ambiente ruminal, impossibilitando a redução de maneira drástica do pH e melhorando o aproveitamento da matéria orgânica pela microbiota ruminal (FATURÍ et al., 2006).

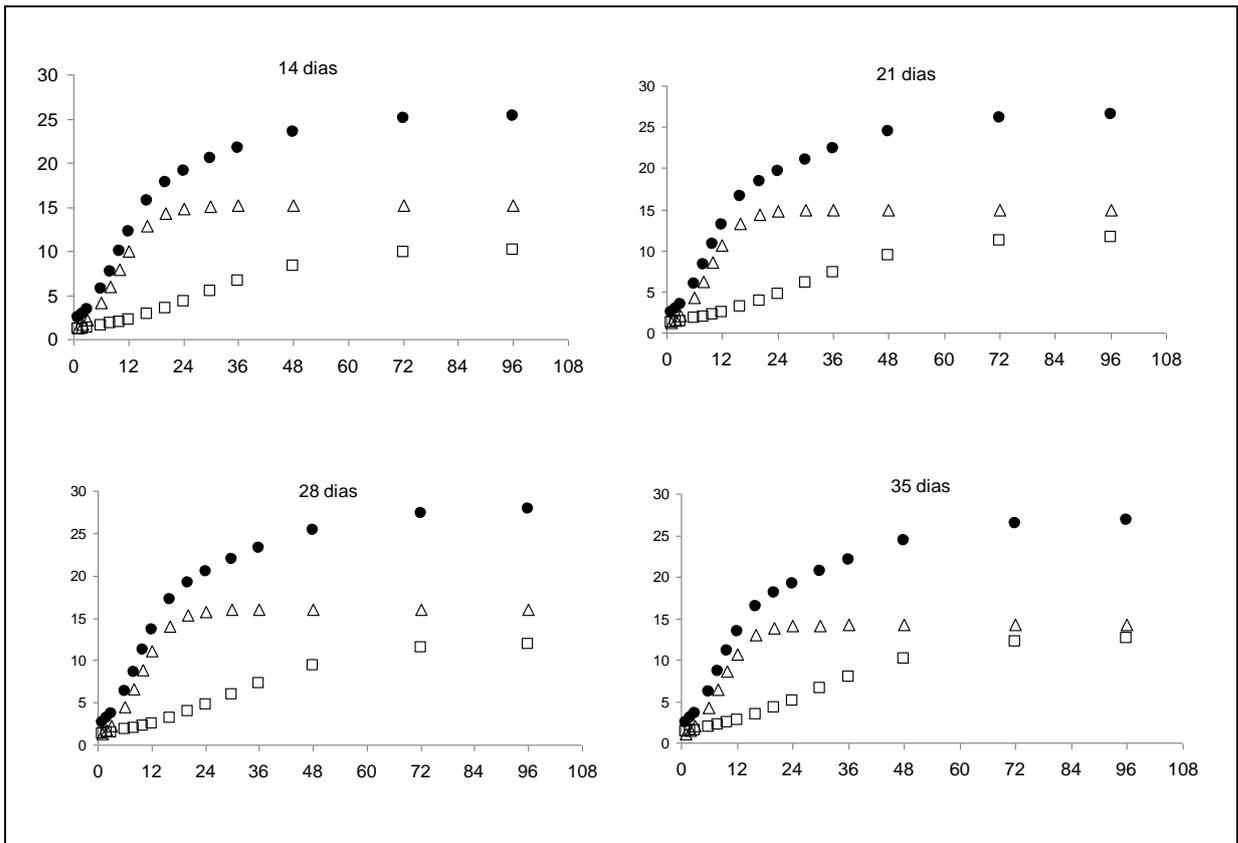


Figura 3 – Eixo x - Tempo de incubação (h); Eixo y – Volume de gás produzido (mL/0,1g MS). Curvas de produção acumulativa de gases pela degradação da matéria seca total (•); V₁ (Δ) e V₂ (□).

Apesar dos parâmetros V_1 e V_2 não sofrerem efeito pelos dias de descanso, a participação do V_1 na produção total de gases é de suma importância, pois os CNF realizam papel importante nas etapas iniciais da digestão das forrageiras, sendo menos significativo nas etapas posteriores. As informações da digestão ruminal dos CNF podem contribuir para a compreensão do significado nutritivo desta fração (SCHOFIELD; PELL, 1995).

A maior proporção de gases oriundos da fermentação dos CNF obtida neste trabalho (Figura 4) é semelhante aos resultados citados em diversos trabalhos publicados na literatura (SCHOFIELD; PELL, 1995; MALAFAIA, 1997; AZEVÊDO et al., 2003b; CAMPOS et al., 2004; NOGUEIRA et al., 2006).

Foram expressos os percentuais de produção de gás oriundos dos CNF (PPGCNF) em relação à produção de gás total. Os PPGCNF tiveram efeito significativo ($P=0,0011$) linear e negativo frente ao aumento dos dias de descanso (Gráfico 4). Com 14 dias de descanso, a forrageira obteve valor médio de PPGCNF (59,83%), sendo este superior aos 52,87% encontrados na forrageira com 35 dias de

descanso (D35), (Gráfico 4). O teor elevado de CNF é favorável, pois estes são rapidamente utilizados por grupos específicos de bactérias ruminais, chamadas de utilizadoras de CNF, as quais têm seus requisitos em compostos nitrogenados (N) atendidos em sua maior parte (66%), por aminoácidos e peptídeos (RUSSELL et al., 1992).

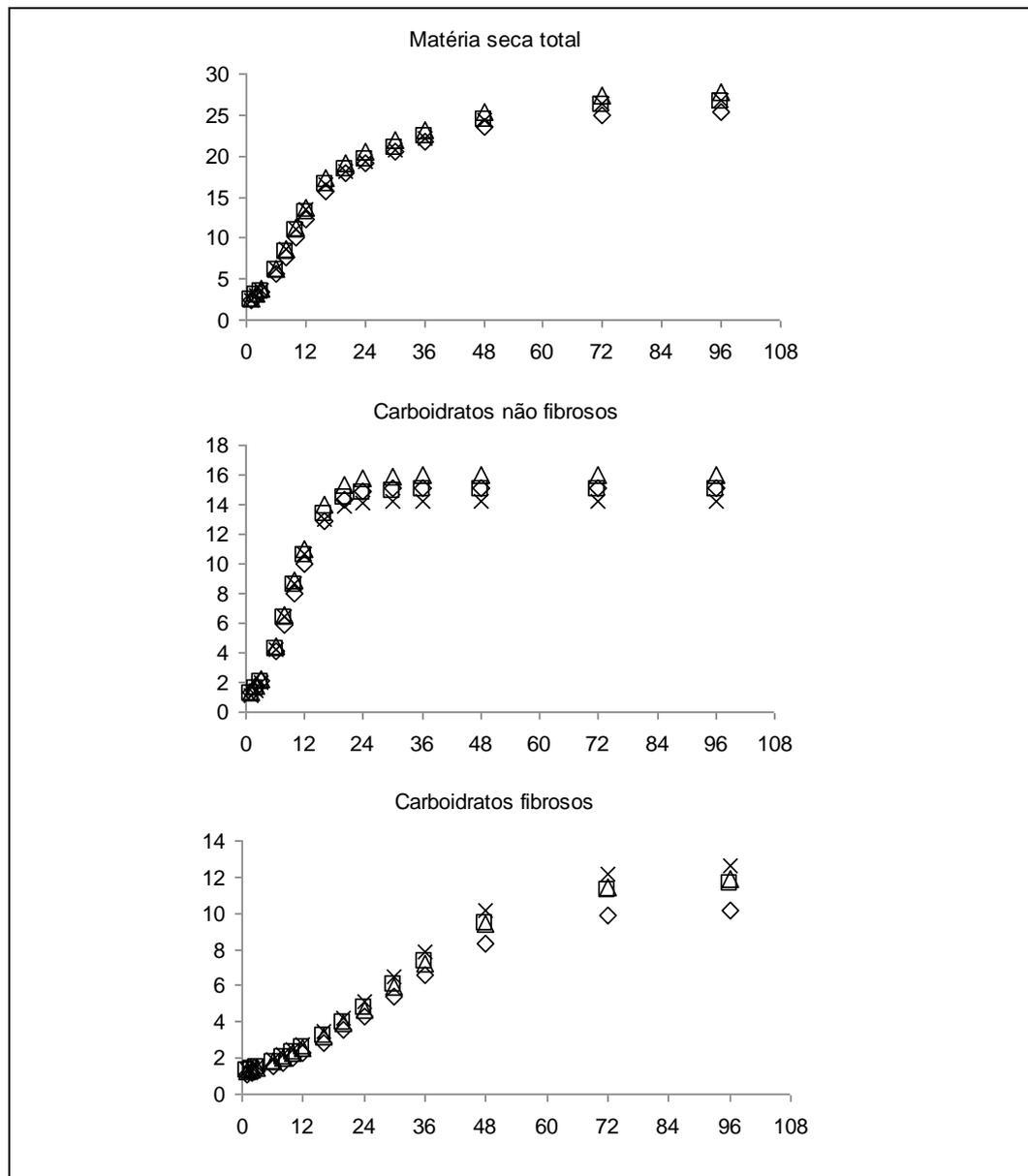


Figura 4 – Eixo x – Tempo de incubação (h); Eixo y – Volume de gás (mL). Curvas de produção acumulativa de gases pela degradação total da matéria seca, carboidratos não fibrosos e carboidratos fibrosos nos diferentes dias de descanso (14 = \diamond); (21 = \square); (28 = \triangle) e (35 = \times).

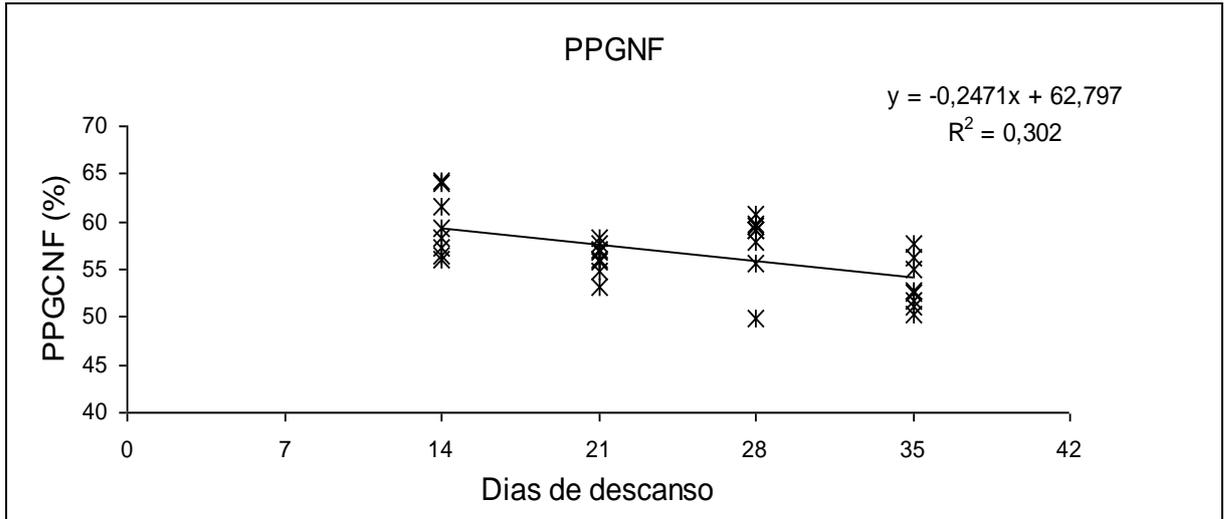


Gráfico 4 – Percentual da produção de gases provenientes dos CNF (PPGCNF).

Malafaia et al. (1997), avaliando a cinética de degradação *in vitro* da MS e da FDN em diferentes volumosos (capins tifton-85, gordura, elefante e brachiarias), encontraram perfil fermentativo diferente dos observados neste estudo. A contribuição dos CF na produção cumulativa de gases foi maior que dos CNF. Mas isto, segundo os autores se explica pelo baixo conteúdo de CNF nessas espécies (5,5; 7,4 e 11,3%) respectivamente. Os mesmos autores avaliaram capim elefante, *Brachiaria brizanta* e *Brachiaria decumbens* e encontraram menor produção de gás dos CNF em relação aos CF, com proporções de 22,07, 37,79 e 37,60% de CNF respectivamente.

A baixa participação do volume de gás oriundo dos CF é desejável, uma vez que, estes estão relacionados com o conteúdo da parede celular, que possui considerável influência no consumo voluntário de forrageira pelo ruminante (VAN SOEST, 1994). Sendo assim, a produção de gases oriundos dos CF possui melhor correlação com o consumo das forrageiras do que com os valores obtidos na matéria seca (GETACHEW et al., 1998). Esta produção gasosa evidencia a fermentação destes carboidratos fibrosos, os quais constituem um fator regulador do consumo de alimentos em ruminantes (MERTENS, 1994).

A taxa de degradação encontrada para os CNF (k_1) aumentou com o avanço da maturidade das plantas ($P=0,0002$) (Figura 5). Esperava-se redução na taxa de digestão desta fração, uma vez que, o aumento da maturidade determina o incremento da parede celular que limita marcadamente o acesso microbiano (WILSON, 1994). Entretanto, o avanço da maturidade teve efeito contrário nas

características cinéticas das frações. Este fato também pode ser justificado pela fermentação de proteínas solúveis, as quais estão presentes em maior concentração nas plantas mais jovens e, como já citado anteriormente, propiciam menor produção de gás (CONE; VAN GELDER, 1999). Além disso, de acordo com Khazaal et al. (1995), a incubação de substratos ricos em proteína, resultaria na formação de bicarbonato de amônio, a partir da complexação do CO₂ com a amônia, reduzindo assim, a participação de CO₂ na produção total de gás, uma vez que, o aumento dos teores de PB causou efeito linear e negativo sobre o k_1 (Gráfico 5) ($P=0,0001$), pode-se afirmar, que os resultados encontrados para tal parâmetro (k_1) neste trabalho, corroboram esta hipótese.

O maior valor encontrado para k_1 (0,0809% h⁻¹) foi proveniente do tratamento D35 (Tabela 3), e o menor, foi no D14 (0,0679% h⁻¹). Os valores encontrados neste trabalho podem ser considerados altos quando comparados com o trabalho de Velásquez (2010), que avaliaram capim marandu e tifton-85 em três idades de corte (28, 35 e 42 dias), principalmente porque as gramíneas temperadas possuem menor proporção de parede celular quando comparadas com as tropicais.

Tabela 3 – Valores médios dos parâmetros de cinética de degradação.

Dias	Parâmetros				
	V ₁	k ₁	k ₂	V ₂	λ
14	15,1593	0,0679	0,0191	10,2341	2,2571
21	14,9564	0,0758	0,0189	11,6704	2,4703
28	15,9657	0,0728	0,0180	12,0190	2,3513
35	14,1845	0,0809	0,0186	12,7311	2,4280

V₁ = Volume de gás gerado pela fermentação dos carboidratos não fibrosos (mL); k₁ = Taxa de degradação dos carboidratos não fibrosos (% h⁻¹); k₂ = Taxa de degradação dos carboidratos fibrosos (% h⁻¹); V₂ = Volume de gás gerado pela fermentação dos carboidratos fibrosos (mL); λ = Período de colonização dos microrganismos (latência) (h).

Sá et al. (2011), obtiveram valor de k_1 inferior ao presente estudo (0,05% h⁻¹) para *Brachiaria brizantha* cv. marandu, com 28, 35 e 54 dias de descanso. Este resultado era esperado, uma vez que, gramíneas temperadas (ciclo C3) são mais tenras que gramíneas tropicais (ciclo C4) e por isso, são comumente mais digestíveis para os ruminantes (VAN SOEST, 1994). Detmann et al. (2009), ao avaliarem quatro gramíneas tropicais (capins setária, hemarthria, pangola e acroceres) em quatro idade de corte (28, 42, 56 ou 70 dias), relataram que as taxas k_1 e k_2 foram menores

apenas a partir dos 42 dias de descanso.

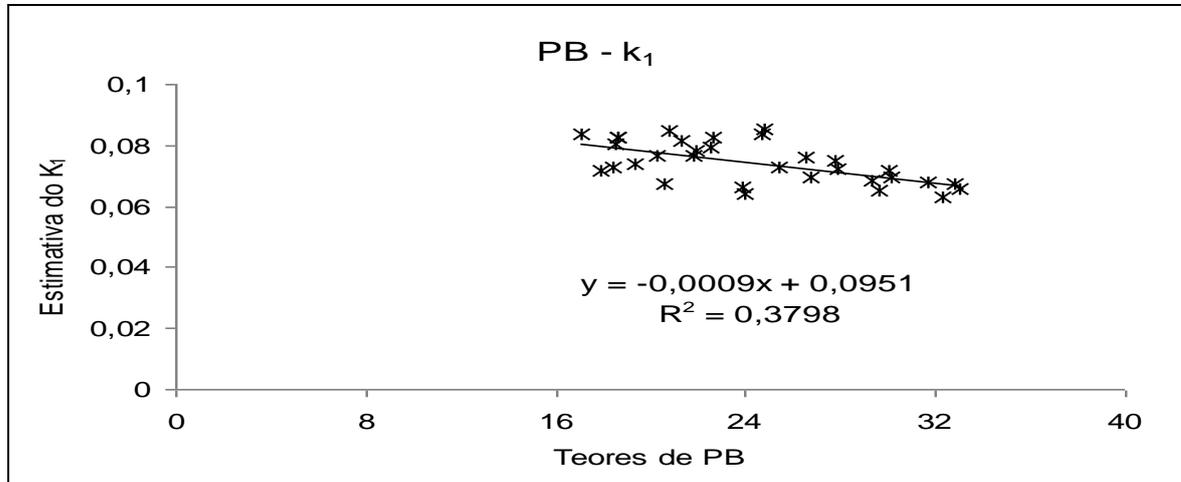


Gráfico 5 - Correlação dos teores de proteína bruta (PB) com a taxa de degradação dos carboidratos não fibrosos (k_1).

Quanto à taxa de degradação dos CF (k_2), não houve diferença estatística entre os diferentes tratamentos (Figura 5). Entretanto, os valores médios encontrados na forrageira com 14, 21, 28 e 35 dias de descanso (0,0191; 0,0189; 0,0180 e 0,0186 h^{-1}) respectivamente, são relativamente baixos quando comparados aos valores de 0,055; 0,049; 0,036; 0,039; 0,0458 e 0,0408 h^{-1} , obtidos por Cabral et al. (2000), trabalhando com capim elefante, capim tifton, silagem de milho, silagem de sorgo, feno de alfafa e feno de côast cross, respectivamente.

A latência (tempo de colonização do substrato pelos microrganismos ruminais) é representada pela letra grega λ . Esta não se diferenciou em função dos dias de descanso (Figura 5), este fato atribui-se às características da forrageira, que mesmo avançando seu estágio vegetativo, permanece com pouco acréscimo na espessura da parede celular, logo, o tempo de acesso dos microrganismos aos substratos fermentáveis não é influenciado (VAN SOEST, 1994). Henriques et al. (2007), avaliaram *Brachiaria brizantha* cv. marandu e encontraram aumento da latência após 42 dias de descanso. Cecato et al. (2001), avaliando aveia preta IAPAR 61 obtiveram valores de FDN de 38,23% num primeiro corte do ciclo, demonstrando que a espécie forrageira possui baixo teor de fibra.

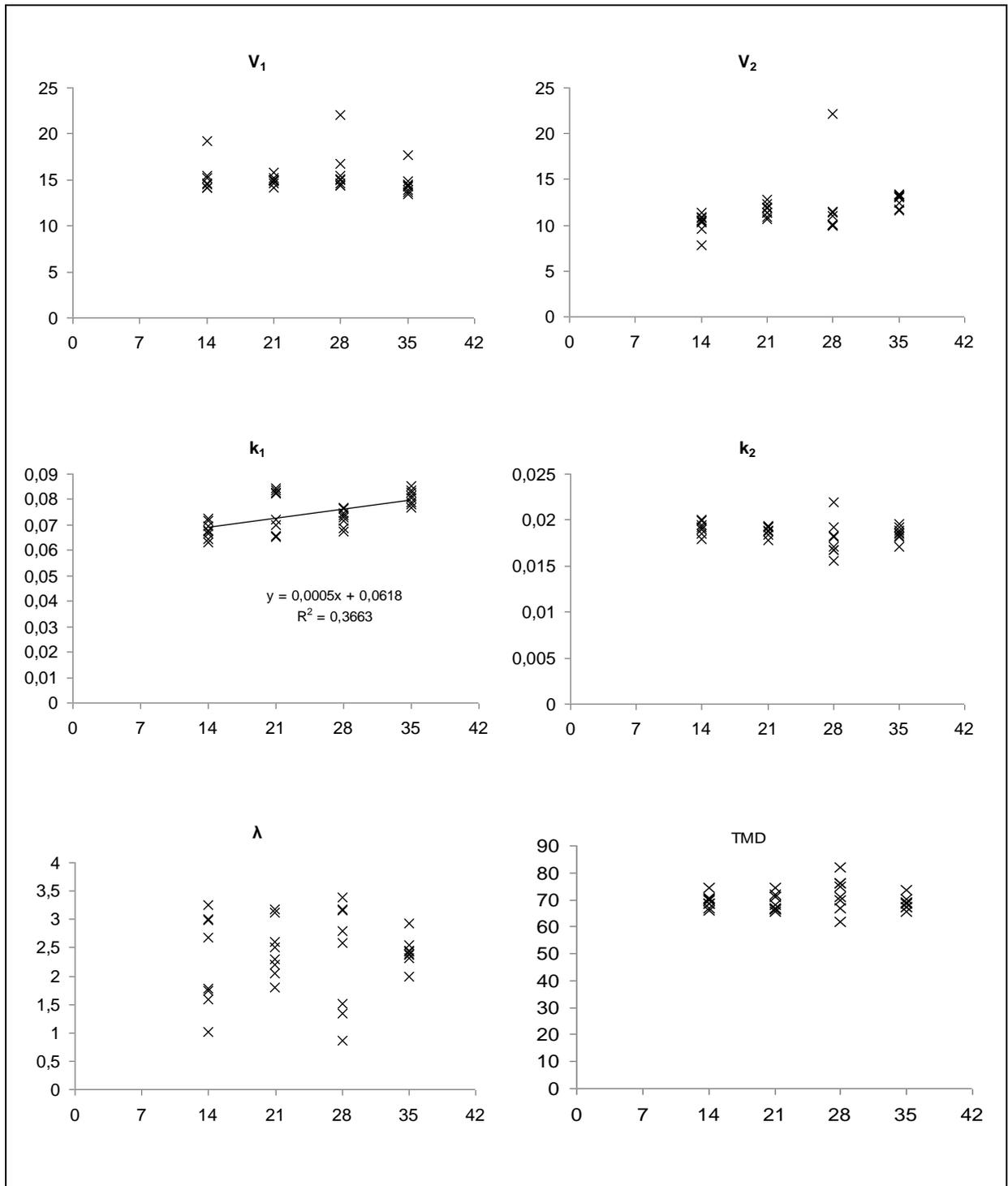


Figura 5 – Eixo x – Dias de descanso; Eixo y – Estimação do parâmetro. Valores dos parâmetros encontrados para cada intervalo de descanso (14; 21; 28; 35 dias).

Azevedo et al. (2003b), encontraram valores de λ variando de 3,4 a 3,5 para algumas variedades de cana-de-açúcar, sendo superiores ao encontrado neste trabalho. Malafaia (1997) encontrou valores de λ para capim gordura, *Brachiaria brizanta* e *Brachiaria decumbens* de 8,5, 12,2, 10,4, 8,1 h, respectivamente.

A partir das estimativas dos parâmetros k_1 , k_2 e λ , foi possível calcular o tempo médio de digestão (TMD) de cada amostra, usando a equação (ABREU, 2012):

$$\frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2} + \lambda \quad (3)$$

O TMD não variou em função dos dias de descanso (Figura 3). Provavelmente, como não houve diferença significativa nos valores dos parâmetros λ , k_2 , tendo efeito apenas na variável k_1 , o TMD por ser dependente destas variáveis, não alterou-se, tendo média de 69,9 horas para os quatro tratamentos.

O quociente da relação entre as produções de gás de 48 e 96 horas (REL2) após incubação é uma forma de calcular a proporção da produção total de gás determinada no ensaio (96 horas) que aconteceu até às 48 horas de incubação (BUENO, 2002). Segundo o autor considerando uma taxa de passagem (K_p) teórica de $0,0208h^{-1}$, o tempo médio de retenção no rúmen seria de 48 horas, desta forma, desejar-se-ia uma maior fermentação neste período, ou seja, REL2 deve ser o mais próximo de um, para que o alimento seja considerado de boa qualidade do ponto de vista fermentativo, e assim forneça maior quantidade de energia.

Os dias de descanso influenciaram a REL2 ($P=0,0009$) com efeito linear negativo (Gráfico 6), portanto, o tratamento D14 obteve o maior valor (0,90) e o D35 o menor valor (0,87). Sendo assim quanto menor o intervalo de descanso, maior a produção de gás às 48 horas de incubação, e conseqüentemente, melhor fermentação ruminal. Valores próximos a estes foram encontrado por Velásques (2006), avaliando *Brachiaria brizanta*, tifton-85 e tanzânia em duas épocas do ano (abril-junho e janeiro-março) obteve valores de 0,72; 0,67; 0,69 e 0,75 e 0,69 respectivamente. Bueno (2002), encontrou valores inferiores para feno de alfafa, de brachiaria e de tifton-85 (0,78; 0,61 e 0,45). Em comparação com estes resultados os valores obtidos com a fermentação da aveia IPR 126 no presente trabalho são visivelmente superiores.

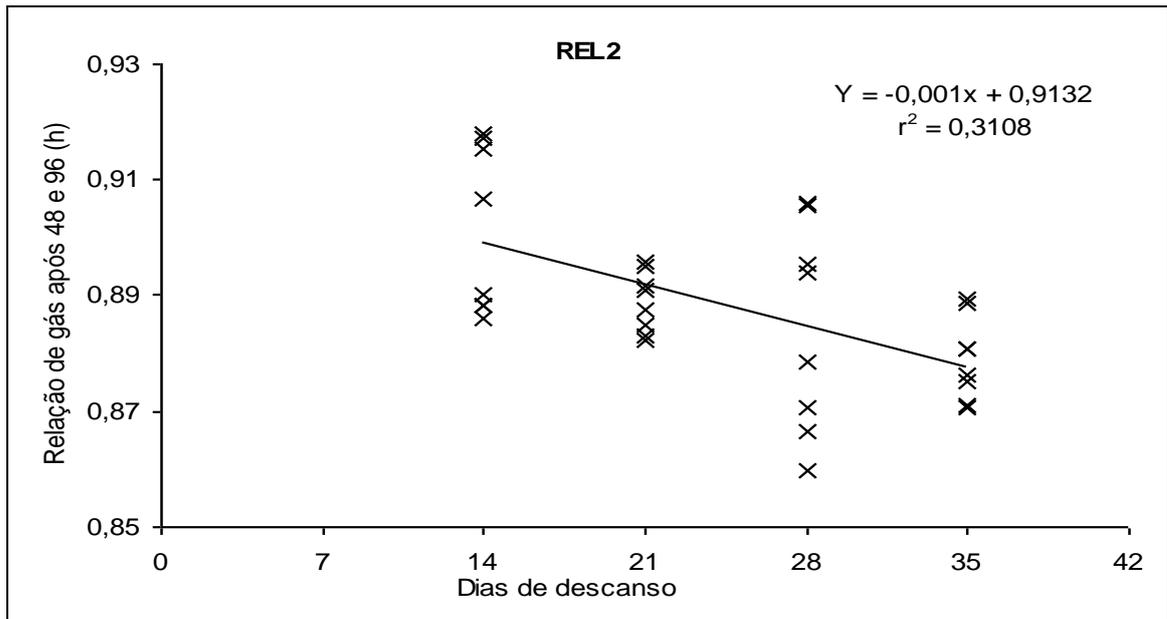


Gráfico 6 - Relação entre produção de gás às 48 e 96 horas de incubação (%).

O aumento da maturidade da forrageira exerceu efeito linear e negativo sobre o pH do substrato contido nos frascos após o período de incubação (Gráfico 7) ($P=0,046$). Isto ocorreu em virtude da taxa de degradação de CNF ter sido maior para os tratamentos com mais dias de descanso, o que já foi anteriormente comentado. Uma vez que, a degradação de carboidratos solúveis causa uma redução no pH ruminal, favorecendo a população amilolítica em detrimento das populações celulolíticas (NOCEK, 1988).

Estudos *in vitro* (HADDAD; GRANT, 2000; GRANT; MERTENS, 1992) demonstraram que a digestibilidade da fibra é limitada quando o pH está em torno de 6,0, podendo ser afetada negativamente pela degradação de carboidratos solúveis (RUSSEL, 1998). Por outro lado, uma baixa disponibilidade de açúcares para o crescimento de populações celulolíticas também podem limitar a atividade destas espécies (KOZLOSKI, et al. 2006a). De acordo com Farenzena (2010), a degradabilidade da MS e do FDN aumentou linearmente com o aumento do pH do substrato de incubação.

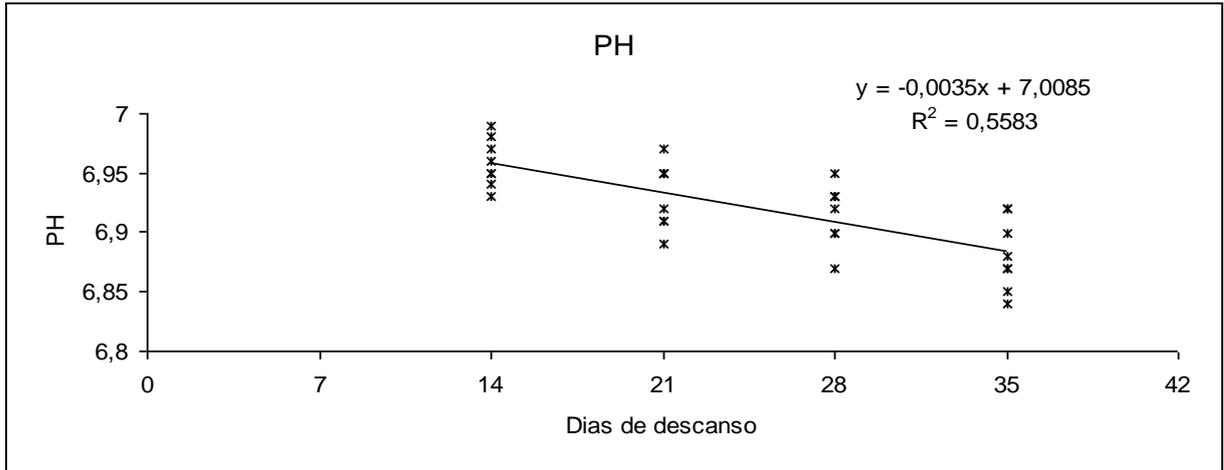


Gráfico 7 – Valores de pHs do substrato contido nos frascos após a incubação de 96 horas.

Tais valores de pH encontrados no presente trabalho são compatíveis para manutenção do pH ruminal entre 6,2 e 7,0, com vistas ao bom desenvolvimento microbiano ruminal, em especial no referente as bactérias celulolíticas (MOULD; ORSKOV, 1983).

6 CONCLUSÃO

A técnica de produção de gás *in vitro* mostrou-se eficaz para a determinação dos parâmetros da cinética de degradação da aveia IAPAR 126.

Os diferentes intervalos de descanso não influenciaram no volume de gás oriundo dos carboidratos fibrosos, nem mesmo a taxa de degradação desta fração.

A taxa de degradação dos carboidratos não fibrosos aumentou com o avanço do estágio vegetativo da aveia, porém o volume de gás gerado pela fermentação desta fração não variou.

A fermentação da aveia às 48 horas de incubação foi influenciada negativamente com o advento da maturidade da planta.

Provavelmente os altos teores de proteína da aveia interferiram na produção total de gás.

REFERÊNCIAS

ABREU, Matheus L. C. **Avaliação nutricional da cunhã (*Clitoria ternatea* L.) em diferentes idades de corte**. 2012. 58 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, 2012.

ALCALDE, Claudete R. et al. Digestibilidade *in vitro* de alimentos com inóculos de líquido de rúmen ou de fezes de bovinos. **Acta Scientiarum**. v. 23, n. 4, p. 917-921, 2001.

ANDRADE, I. F.; GOMIDE, J. A. Curva de crescimento e valor nutritivo do capim – elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.), A-146 Taiwan. **Revista Ceres**, Viçosa, v.18, n.100, p. 431-447, 1971.

ASSIS, M. A. et al. Degradabilidade *in situ* de gramíneas do gênero *Cynodon* submetidas ou não à adubação nitrogenada. **Acta Scientiarum**. v. 21, n. 3, p. 657-663, 1999.

AZEVÊDO, J. C. G. et al. Composição químico-bromatológica, fracionamento de carboidratos e cinética da degradação *in vitro* da fibra de três variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.6, p.1443-1453, 2003b.

BERCHIELLI, Telama T.; VEJA GARCIA, A.; OLIVEIRA, S.G. Principais técnicas de avaliação aplicadas em estudo de nutrição. In: BERCHIELLI, T.T.; PIRES, A.V.; OLIVEIRA, S.G. (Eds). **Nutrição de Ruminantes**. 2.ed. Jaboticabal: Funep, 2011. p.565-600.

BIANCHINI, Waldmaryan et al. Efeito do grupo genético sobre as características de carcaça e maciez da carne fresca e maturada de bovinos superprecoces. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.6, p.2109-2117, 2007.

BORTOLINI, P. C. et al. Produção de forragem e de grãos de aveia branca sob pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 34, n. 6, p. 2192-2199, 2005.

BRÂNCIO, Patricia A. et al. Avaliação de três cultivares de *Panicum maximum* Jacq. sob pastejo, composição química e digestibilidade da forragem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.4, p. 1605-1613, 2002.

BRITO, Claudio J. F. A.; RODELLA, Roberto A.; DESCHAMPS, Francisco C. Perfil químico da parede celular e suas implicações na digestibilidade de *Brachiaria brizantha* e *Brachiaria humidicola*. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n. 6, p. 1835-1844, 2003.

BUENO, I. C. S. et al. Influence of inoculum source in a gas production method. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 123–124, p. 95–105, 2005.

BUENO, Ives Cláudio da Silva. **Cinética digestiva e síntese microbiana ruminal em ovinos alimentados com fenos de três qualidades distintas**. 2002. Tese (Doutorado em Energia Nuclear na Agricultura) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

CABRAL, Luciano S. et al. Frações de carboidratos de alimentos volumosos e suas taxas de degradação estimadas pela técnica de produção de gases. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 29, n. 6, p. 2087-2098, 2000.

CAMPOS, F. P. et al. Avaliação do sistema de monitoramento computadorizado de digestão *in vitro*: 3. Desaparecimento da matéria seca e/ou FDN pela produção de gás. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa-MG, v. 29, n. 02, p. 537-544, 2000.

CAMPOS, F. P. et al. Evaluation of *in vitro* gas production of roughages na their mixtures using the curves subtraction method. **Animal Science and Technology**, v.116, p.116-172, 2004.

CÂNDIDO, Magno J. D. et al. Período de descanso, valor nutritivo e desempenho animal em pastagem de *Panicum maximum* cv. Mombaça sob lotação intermitente. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 5, p. 1459-1467, 2005.

CARVALHO, P. C. F. et al. Forrageiras de clima temperado. In: FONSECA, D. M.; MARTUSCELLO, J. A. **Plantas Forrageiras**, Viçosa, Ed. UFV, p. 537, 2010.

CARVALHO, D. B. et al. Desenvolvimento de pastagem em integração lavoura-pecuária na região de Guarapuava PR. **Revista Acadêmica: Agrárias e Ambientais**, Curitiba, v. 6, n. 1, p. 11-19, 2008.

CECATO, Ulysses et al. Produção e composição química em cultivares e linhagens de aveia (*Avena spp.*). **Acta Scientiarum**, v.23, n.4, p. 775-780, 2001.

CEDEÑO, J. A. G. et al. Efeito da idade de corte na performance de três forrageiras do gênero *Cynodon*. **Ciência Agrotecnica**, Lavras. V.27, n.2, p.462-470, mar./abr. 2003.

CONE, J. W.; VAN GELDER, A. H. Influence of protein fermentation on gas production profiles. **Animal Feed Science Technology**, 76(3-4):251-264, 1999.

DA SILVA; NASCIMENTO JR. Ecofisiologia de plantas forrageiras. In: PEREIRA, O.G.; OBEID, J.A.; NASCIMENTO Jr., D.; FONSECA, D.M. (Eds.). Simpósio sobre manejo estratégico da pastagem, III, Viçosa, 2006. **Anais...** Viçosa: UFV, 2006, p.1-42, 430p.

DABO, S. M. et al. Yield and digestibility of old world bluestem grasses as affected by cultivar, plant, part, and maturity. **Journal Range Manage.** v. 40, p. 10-15, 1987.

DETMANN, Edenio 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.

DETMANN, Edenio. Estimação da digestibilidade dos carboidratos não-fibrosos em bovinos utilizando-se o conceito de entidade nutricional em condições brasileiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, p. 1479-1486, 2006.

DETMANN, Edenio; PAULINO, Mário. F.; VALADARES FILHO, Sebastião. C. Avaliação nutricional de alimentos ou de dietas? Uma abordagem conceitual. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE, 2., 2008, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, v.6, p. 21-51, 2008.

DETMANN, Edenio., et al. Cinética da degradação ruminal dos carboidratos de quatro gramíneas tropicais em diferentes idades de corte e doses de adubação nitrogenada: técnica de produção de gases. **Revista Brasileira de Zootecnia**, vol.38, n.1, p.149-158. ISSN 1516-3598, 2009.

EUCLIDES, Valeria P. B. et al. Consumo voluntário de *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk e *Brachiaria brizantha* cv. Marandu sob pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**. V. 29, n. 6, Suplemento 2, 2000 p. 2200-2208.

EUCLIDES, Valeria P. B. et al. Consumo voluntário de forragem de três cultivares de *Panicum maximum* sob pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**. V. 28, n. 6, p. 1177-1185, 1999.

FARENZENA, Roberta. **Aderência e atividade fibrolítica bacteriana ruminal: efeito do pH e da concentração de carboidratos solúveis.** 2010. 101 f. Dissertação (Mestrado Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia) - Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS). 2010.

FATURI, Cristian., et al. Fibra solúvel e amido como fontes de carboidratos para terminação de novilhos em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 35: 2110-2117, 2006.

FERRARI, Ricardo. V. B. **Estimativa do efeito associativo entre concentrados e volumosos, através de medida de digestibilidade *in situ* da matéria seca e da fibra em detergente neutro.** 2003. 97 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Produção Animal, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

FERREIRA, Geane D. G. et al. Composição química e cinética da degradação ruminal de gramíneas do gênero *Cynodon* em diferentes idades ao corte. **Acta Scientiarum**. v. 27, n. 2, p. 189-197, 2005.

FILHO, Roblein C.C.; QUADROS, Fernando L. F. Produção animal em misturas forrageiras de estação fria semeadas em uma pastagem natural. **Ciência Rural**, v.25, n.2, p. 289-293, 1995.

FOX, D.G. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: III. Cattle requirements and diet adequacy. **Journal Animal Science**, v. 70, n. 12. p. 3578-3596. 1992.

GRANT, R. J.; MERTENS, D. R. Impact of *in vitro* fermentation techniques upon kinetics of fiber digestion. **Journal of Dairy Science**, v. 75, n. 5, p. 1263-1272, May 1992.

GETACHEW, G. et al. *In vitro* measuring techniques for assessment of nutritional quality of feeds: a review. **Animal Feed Science and Technology**, v.72, p.261-281, 1998.

GETACHEW, G.; ROBINSON, P. H.; DEPETERS, E. J.; TAYLOR, S. J. Relationship between chemical composition, dry matter degradation and *in vitro* gas production of several ruminant feeds. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 111, n. 1-4, p. 57-71, 2004.

GIVENS, D. I.; GILL, M. Current and future potential of alternative techniques. **British Society of Animal Science**, Lothian, v.22, p. 1611-171, 1998.

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

GRANT, R. J.; MERTENS, D.R. Influence of buffer pH and raw corn starch addition on *in vitro* fibre digestion kinetics. **Journal of Dairy Science, Champaign**, v. 75, n. 10, p. 2762- 2768, 1992.

HADDAD, S. G.; GRANT, R. J. Influence of nonfibre carbohydrate concentration on forage fibre digestion *in vitro*. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 86, n. 1 - 2, p. 107– 115, July 2000.

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.

HAMILTON, R. I., LAMBOURNE, L. J., ROE, R.; MINSON D. J. Quality of tropical grasses for milk production. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 11, 1970, Surfers Paradise. **Proceedings...** Surfers Paradise: s.ed., p. 860-864, 1970.

HARTMANN, H. T. et al. Growth, development, and utilization of cultivated plants. **Plant science**: 2.ed. Englewood Cliffs: p. 674, 1988.

HARTWIG, Irineu et al. Correlações fenotípicas entre caracteres agronômicos de interesse em cruzamentos dialélicos em aveia branca. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas , v. 12, n. 3, p. 273-278, 2006.

HENRIQUES, Lara T., et al. Frações dos carboidratos de quatro gramíneas tropicais em diferentes idades de corte e doses de adubação nitrogenada. **Arquivo Brasileiro Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.59, n.3, p.730-739, 2007.

HUNTINGTON, J.A.; GIVENS, D.I. The *in situ* technique for studying the rumen degradation of feeds: A review of the procedure. **Nutrition Abstracts and Reviews (Series B)**, v.65, n.2, p. 63-93, 1995.

INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ – IAPAR. Os múltiplos usos da Aveia branca IAPAR 126. Disponível em: <<http://www.iapar.br/modules/noticias/article.php?storyid=16>> Acesso em: 12/02/2013.

JANUSCKIEWICZ, Estella R. et al. Massa e composição de três forrageiras de inverno manejadas sob duas alturas de resíduo e pastejo rotacionado. **ARS Veterinária**. v. 26, n. 1, p. 47-52, 2010.

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

KHAZAAL KA.; Dentino, M.T.; RIBERRIO, J.M.; ORSKOV, E.R. 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.

KITESSA, S.; FLINN, P.C.; IRISH, G.G. Comparison of methods used to predict the *in vivo* digestibility of feeds in ruminants. **Australia Journal Agricultural Research**, v. 50, p. 825-841, 1999.

KOZLOSKI, G. V. **Bioquímica dos ruminantes**. Santa Maria: Ed. UFSM, 2002. 140 p.

KOZLOSKI, G.V. et al. Intake and digestion by lambs fed just dwarf elephant grass hay (*Pennisetum purpureum* Schum. cv. Mott) or supplemented with urea and different levels of cracked corn grain. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 125, n. 1 -2, p. 111 - 122, Jan. 2006a.

KRISHNAMOORTHY, U.; RYMER, C.; ROBINSON, P. H. The *in vitro* gas production technique: limitations and opportunities. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 123-124, n.1, p. 1-7, 2005.

LADEIRA, Marcio M. et al. Avaliação do feno de *Arachis pinto* utilizando o ensaio de digestibilidade *in vivo*. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.6, p. 2350-2356, 2002.

LITTELL, R.C., et al. O. **SAS® for Mixed Models**. SAS Institute Inc., Cary, 2006.

MAACK, Reinhard. Geografia física do Estado do Paraná. Curitiba: **Banco de Desenvolvimento do Paraná**, p.350, 1968.

MACHADO, Andréia O. et al. Avaliação da composição química e digestibilidade *in vitro* da matéria seca de cultivares e acessos de *Panicum maximum* Jacq. Sob duas alturas de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v. 27, n. 5, p. 1057-1063, 1998.

MALAFAIA, Pedro A. M. **Taxas de digestão das frações protéicas e de carboidratos de alimentos por técnicas *in situ*, *in vitro* e de produção de gases.** Viçosa MG: UFV, 1997. 85 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) Universidade Federal de Viçosa, 1997.

MALAFAIA, Pedro A. M. et al. Determinação e cinética ruminal das frações protéicas de alguns alimentos para ruminantes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 26, n. 6, p. 1243-1251, 1997.

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.

MARTINS, A.S. **Desempenho de novilhas alimentadas com rações contendo milho ou casca de mandioca e farelo de algodão ou levedura.** Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 1999. 84p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Estadual de Maringá, 1999.

MAYNARD, L.A., et al. **Nutrição animal.** 3.ed., Livraria Freitas Bastos S.A., Rio de Janeiro, 1984, 726p.

MEHREZ, A. Z.; ORSKOV, E.R. A study of the artificial fibre bag technique for determining the digestibility of feed in the rumen. **Journal of Agricultural Science**, v.88, p. 645-650, 1977.

MERTENS, D.R. Rate and extent of digestion. Chap. II. In: FORBES, J.M., FRANCE, J. (Eds.). **Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism.** CAB International, Cambridge University Press, Cambridge, p.13-51, 1993a.

MERTENS, D. R. Regulation of forage intake. In: FAHEY, G. C. JR.; COLLINS, M.; MERTENS, D. R.; MOSER, L. E. (Ed). **Forage quality, evaluation and utilization.** American Society of Agronomy, cap. 11, p.450-493, 1994.

MERTENS, D. 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.

MISLEVY, P. Jiggs a potencial bermuda Grass for central Florida. Disponível em: (<http://rcrec-ona.ifas.ufl.edu/pdf/publications/ona-reports/2002/July-2002.pdf>). Acessado em: 09/02/2013

MOULD, Fergus. L.; ORSKOV, E.R. Manipulation of the rumen fluid pH and its influence on cellulosis in sacco, dry matter degradation and the rumen microflora of sheep offered either hay or concentrate. **Animal Feed Science Technology**, v.10, p.1-14, 1983.

MOULD, F. L. et al. *In vitro* microbial *inoculum*: a review of its function and properties. **Animal Feed Science and Technology**, p. 123-124: 31-50, 2005.

MONTEIRO, A. L.G. et al. **Forragicultura no Paraná. Comissão Paranaense de Avaliação de Forrageiras**. Londrina, p. 292, 1996.

MOORE, J. E.; MOTT, G. O. Fermentation Tubes for In Vitro Digestion of Forages. **Journal of Dairy Science**, v. 59, n. 1, p. 167-169, 1976.

MOREIRA, A. L. et al. Avaliação da aveia Preta e de genótipos de aveia Amarela para produção de forragem. **ARS Veterinária**, Jaboticabal, v. 21, supl., p. 175-182, 2005.

MOREIRA, Paulo César 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 abr/jun, 2010.

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

NOCEK, J.E. *In situ* and other methods to estimate ruminal protein and energy digestibility: a review. **Journal Dairy Science**, v.71, n. 8, p. 2051-2069, 1988.

NOCEK, J.E.; RUSSELL, J.B. 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.

NOGUEIRA, U. T.; MAURÍCIO, R. M.; GONÇALVES, L. C. Comparação de substratos com diferentes qauntidades de carboidratos solúveis utilizando a técnica semi-automática de produção de gases. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária**, v.58, n.4, p.633-641, 2006.

OLIVEIRA, M. A. et al. Rendimento e valor nutritivo do capim-tifton 85 (*Cynodon spp.*) em diferentes idades de rebrota. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v. 29, n. 6, p. 1949-1960, 2000.

OLIVEIRA, Mauro D.S. et al. Efeito de métodos de coleta de fluido ruminal em bovinos sobre alguns parâmetros ruminais e microbiológicos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 34, n. 5, p. 867-871, 1999.

OLIVEIRA, Mauro D.S. et al. Efeito de métodos de coleta de fluido ruminal sobre a digestibilidade *in vitro* de alguns nutrientes de ração para bovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v. 22, n. 5, p. 794-800, 1993.

PACIULLO, Domingos S.C. Características anatômicas relacionadas ao valor nutritivo de gramíneas forrageiras. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, n. 2, p. 357-364, 2002.

PACIULLO, Domingos S.C. et al. Correlações entre componentes anatômicos, químicos e digestibilidade *in vitro* da matéria seca de gramíneas forrageiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v. 30, n. 3, p. 955-963, 2001

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.

PEDROSO, A. M. Forragem de qualidade permite reduzir os custos do concentrado. Mundo do Leite. 2007. Disponível em: <<http://www.portaldbo/mundodoleite>>. Acesso em: 22 jan. 2013.

PEREIRA, Luiz R. et al. Avaliação das silagens de girassol (hibrido m734) obtidas em diferentes épocas de ensilagem pela técnica *in vitro* semi-automática de produção de gases. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, São Paulo, v. 42, n. 4, p. 273-283, 2005.

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

PELL, A.N., SCHOFIELD, P. STONE, W.C. Rates of digestion of feeds measured *in vitro* with computers. CORNELL NUTRITION CONFERENCE. **Proceedings**. Cornell University. p.74-81, 1994.

PIN, Edison A. et al. Forage production dynamics of winter annual grasses sown on different dates. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v. 40, n. 3, p. 509-517, 2011.

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

QUEIROZ, Domingos S. et al. Avaliação da folha e do colmo de topo e base de perfilhos de três gramíneas forrageiras. 1. Digestibilidade *in vitro* e composição química. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v. 29, n. 1, p. 53-60, 2000.

REGAZZI, A.J.; SILVA, C.H.O. Teste para verificar a igualdade de parâmetros e a identidade de modelos de regressão não-linear. I. dados no delineamento inteiramente casualizado. **Revista de Matemática e Estatística**, v.22, n.3, p.33-45, 2004.

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.

RODRIGUES, A. L. P. et al. Degradabilidade *in situ* da matéria seca de forrageiras tropicais obtidas em diferentes épocas de corte. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 56, p. 658-664, 2004.

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

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

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

RUSSEL, J. B. Strategies that ruminal bacteria use to handle excess carbohydrate. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 76, n. 7, p. 1955-1963, July 1998.

RYMER, C.; HUNTINGTON, J. A.; WILLIAMS, B. A.; GIVENS, D. I. *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.

RYMER, C. The measurement of forage digestibility *in vivo*. In: D.I. GIVENS, E. et al. (Editors), **Forage Evaluation in Ruminant Nutrition**. CABI Publishing, Wallingford, UK, p. 113-134, 2000.

SÁ, J. P. G. Utilização da aveia na alimentação animal. **Circular Técnica** nº 87. IAPAR Londrina, PR. 1995.

SÁ, Jacqueline F. et al. Cinética da fermentação *in vitro* do capim-marandu em diferentes Idades de corte. **Acta Scientiarum. Ciência Animal** , v 33, n. 3, p. 225-231, 2011.

SANTOS, G. T. et al. Determinação da digestibilidade *in vitro* de gramíneas do gênero *Cynodon* com uso de diferentes metodologias. **Acta Scientiarum**, v. 22, n. 3, p. 761-764, 2000.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEMS - SAS. **User's guide**. Version 8. 1.ed. Cary: SAS Institute, 956 p. 2001.

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

SCHOFIELD, P., Pell, A.N. Measurement and kinetic-analysis of the neutral detergent-soluble carbohydrate fraction of legumes and grasses. **Journal of Animal Science**, v. 73, 3455-3463, 1995.

SENGER, Clóvis C. D. et al. Comparação entre os métodos químico, *in situ* e *in vitro* para estimativa do valor nutritivo de silagens de milho. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.37, n.3, p. 835-840, 2007.

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.

SNIFFEN, C. 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.

SOARES, A. P. M. **Ajuste do modelo de Orskov e McDonald (1979) a dados de degradação ruminal *in situ* utilizando mínimos quadrados ponderados**. Piracicaba, 2007. 62p. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo (ESALQ). São Paulo - Brasil.

TEIXEIRA, J.C. Introdução aos métodos de determinação de digestibilidade em ruminantes. In: TEIXEIRA, J.C. (Ed.). **Digestibilidade em ruminantes**. Lavras: UFLA/FAEP, 1997. p.7-27.

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, 185-197, 1994.

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

VALENTIN, S. F. et al. Comparison of the *in vitro* gas production technique and the nylon bag degradability technique to measure short and long term processes of degradation of maize silage in dairy cows. **Animal Feed Science Technology**, v. 78, n. 1-2, p.81-99. 1999.

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

VANZANT, Eric S. et al. Standardization of *in situ* techniques for ruminant feedstuff evaluation. **Journal of Animal Science**, v.76, p. 2717-2729, 1998.

VELÁSQUEZ, Paula Andrea. **Composição química, digestibilidade e produção de gases *in vitro* de três espécies forrageiras tropicais**. 2006. 66 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, São Paulo, Jaboticabal, 2006.

VELÁSQUEZ, Paula. A.T. et al. Composição química, fracionamento de carboidratos e proteínas e digestibilidade *in vitro* de forrageiras tropicais em diferentes idades de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 6, p. 1206-1213, 2010.

VILLALOBOS, G. C.; GONZÁLEZ, V. E.; ORTEGA, S. J. A. Técnicas para estimar la degradación de proteína y materia orgánica en el rumen y su importancia en rumiantes en pastoreo. **Técnica Pecuária do México**, Cidade do México, v.38,n.2, p. 119-134, 2000.

WHITEMAN, P. C. **Tropical Pasture Science**. New York: Oxford University Press, p. 392, 1980.

WILSON, J. R. Cell wall characteristics in relation to forage digestion by ruminants: review. **Journal Agriculture Science**, 122(2):173-182, 1994.