

UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES DO
JEQUITINHONHA E MUCURI

NATALIA ANDREA RINCÓN BELTRÁN

CINÉTICA DE TRÂNSITO DE PARTÍCULAS DE SILAGENS
PRODUZIDAS EM SISTEMAS DE CONSÓRCIO CAPIM-
BRAQUIÁRIA, MILHO E LEGUMINOSAS

DIAMANTINA - MG
2011

NATALIA ANDREA RINCÓN BELTRÁN

**CINÉTICA DE TRÂNSITO DE PARTÍCULAS DE SILAGENS
PRODUZIDAS EM SISTEMAS DE CONSÓRCIO CAPIM-BRAQUIÁRIA,
MILHO E LEGUMINOSAS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal dos
Vales do Jequitinhonha e Mucuri, como parte das
exigências do Programa de Pós-Graduação em
Zootecnia, para obtenção do título de *Magister
Scientiae*.

Orientador: Prof^ª Margarida Maria Nascimento Figueiredo de Oliveira

DIAMANTINA - MG
2011

Ficha Catalográfica - Serviço de Bibliotecas/UFVJM
Bibliotecário Anderson César de Oliveira Silva, CRB6 - 2618.

453c	Beltrán, Natalia Andrea Rincón B Cinética de trânsito de partículas de silagens produzidas em sistemas de consórcio milho, capim-braquiária e leguminosas / Natalia Andrea Rincón Beltrán. – Diamantina: UFVJM, 2011. 48p. Orientadora: Margarida Maria Nascimento Figueiredo de Oliveira Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri. 1. Cinética . 2. Marcador. 3. Partículas. 4. Rúmen 5.Tempo. 6. Leguminosa e sincronização I. Título CDD 636.085
------	--

NATALIA ANDREA RINCÓN BELTRÁN

**CINÉTICA DE TRÂNSITO DE PARTÍCULAS DE SILAGENS
PRODUZIDAS EM SISTEMAS DE CONSÓRCIO CAPIM-BRAQUIÁRIA,
MILHO E LEGUMINOSAS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal dos
Vales do Jequitinhonha e Mucuri, como parte das
exigências do Programa de Pós-Graduação em
Zootecnia, para obtenção do título de Magister
Scientiae.

APROVADA em 22/02/2011.

Profa. Margarida Maria Nascimento Figueiredo - UFVJM
(Orientadora)

Prof. Severino Delmar Junqueira Villela - UFVJM
Co-orientador

Prof. Fernando de Paula Leonel - UFSJ
Co-orientador

DIAMANTINA - MG
2011

DEDICATÓRIA

Este trabajo es dedicado solo para
quien nunca me dejó en los momentos
de desespero, soledad, confusión, angustia;
quien permitió mi vida, mi familia
y realizar mis sueños, metas e triunfos

Gracias, Señor Dios!

Este trabalho é dedicado somente a
quem nunca me deixou, nos momentos
de desespero, solidão, confusão, ansiedade;
a quem me deu a vida, minha família,
e me permitiu realizar meus sonhos,
alcançar metas e vitórias.

Obrigada, Senhor Deus!

AGRADECIMENTO

Esta dissertação exigiu muito esforço e dedicação do autor, seu orientador e coorientador de pesquisa. Sua conclusão não teria sido possível sem a colaboração desinteressada de cada uma das pessoas que, em seguida, citarei, muitas das quais têm sido um apoio muito forte em tempos de aflição e desespero.

Em primeiro lugar, agradeço a Deus por estar comigo a cada passo que dou, por fortalecer meu coração e iluminar a minha mente e por colocar no meu caminho pessoas que têm sido meu apoio e companhia durante todo o período de estudo.

A meus pais, Inês e Alberto, porque, apesar de não estarem fisicamente presentes, sempre estão procurando o meu bem-estar, desde meu país, a Colômbia, e é claro que, se não fosse pelos esforços feitos por eles, meus estudos não teriam sido possíveis. Hoje e sempre agradeço à minha família e meus irmãos em Cristo, porque, apesar da distância, o incentivo, apoio e alegria com que me brindaram deram-me forças para seguir em frente.

À minha família no Brasil: Enrique (Pre), Regiane Sales (Janine, mamãe), Carlos Alberto Mourão (Branquito, papai), Marta (tia Martinha), Anselmo (Loiro), Ednia (Cachacinha), Camila (Princesa Cami Cami), Vinicius Andrade (o moço), os quais, em vez de companheiros, tornaram-se irmãos de lágrimas e sorrisos que eu nunca tive, e às famílias de cada uma deles, pessoas que, desde o início, ofereceram-me total apoio, cooperação e afeto, sem qualquer interesse; hoje posso afirmar que, apesar de ter vindo sozinha para continuar meus estudos, eu nunca me senti assim porque essas pessoas têm estado ao meu lado todos os dias durante esses anos.

A Mariana (Mari), Thaís (Tata), Kênia (Simbague), Danilo, Hudson, estagiários. Karoline (Carol), Patrícia, Janaína, companheiras de mestrado e de experimento. Carlos Henrique (pai). Amigos da Fazenda do Moura (Nete, Valdez, Celeste, Mário, Otávio, Helder, Geraldo, Sisim, Vicente, Don Carrapicho, Don Joselito, Altair, Gilmar, Leandro, Márcio), funcionários de laboratório (Elizandra, Carlos, Luis), aos animais (Natalia, Janaina, Gilmarcito, klifort, Pepeca, Areia, Pichico, Esquisito e os bebês). Na companhia de todos esses, as coisas ruins se tornam boas, a tristeza se

transforma em alegria e solidão não existe. Da mesma forma, os meus sinceros agradecimentos a Miguel, Juliana, Ramon, Dimas, Seu Antonio da Universidade de San Juan del Rei, com a ajuda dos quais consegui fazer meu experimento.

Além disso, a todas as pessoas da Prefeitura Municipal de Diamantina e da Universidade Federal dos Vales do Mucuri e Jequitinhonha, do Departamento de Zootecnia, como Secretário-Geral, Assessorias, Técnicos, Direções, Recepção, Pós-Graduação, Gestão, Relações Internacionais, Biblioteca, Responsáveis pela limpeza e manutenção e outros. De acordo com a competência de cada um, colaboraram comigo sem colocarem nenhum obstáculo, pelo contrário, sempre me ofereceram um sorriso.

Um agradecimento especial à paciência e colaboração de Reginaldo Napoleão, apoio sempre e, acima de tudo, pela grande amizade que me deu e me dá, por me ouvir e aconselhar-me sempre, meu Conselheiro.

A Dra. Margarida Maria Nascimento Figueiredo, que me deu a oportunidade de ser sua aluna e orientanda, muitos agradecimentos. Que o Senhor dos céus multiplique tudo o que fez comigo e para mim. Aos meus Coorientadores, Severino Delmar e Fernando Leonel, por me ajudarem quando mais precisei, por serem pessoas com quem eu posso contar sempre, pelo carinho e incentivo que vocês me deram. Wagner Tamys você sabe o que eu estarei eternamente agradecida com sua ajuda neste trabalho. Ao Dr. Idalmo e Dr. Marcelo, pelos momentos em que, mais do que professores, comportaram-se como amigos.

A Yohan e Nancy que, mesmo na distância, com sua voz e apoio, incentivo, amor, compartilharam comigo muitos momentos, felizes e tristes; estenderam uma mão amiga sempre; ouviram-me, enfim, por me darem amor e amizade desde o dia do primeiro encontro. A Dra. Matilde que, apesar do pouco tempo em que nos conhecemos, tem demonstrado ser uma grande pessoa e, especialmente, uma grande amiga, com quem eu sei que posso contar sempre.

À Dra. Karina e Dra. Darcilene, por sua colaboração durante todo o mestrado e, especialmente, na última fase. Aos meus companheiros de mestrado, com quem compartilhei experiências e sonhos, cujos ombros foram oferecidos cada vez que foi

preciso, por seu apoio e incentivo em todas as fases que se passaram ao longo desses anos de estudo.

Em geral, eu quero agradecer a cada um daqueles que viveram comigo a realização deste mestrado, com seus altos e baixos. Não preciso citar todos porque sabem que, do fundo do meu coração, agradeço por terem me dado todo o apoio, o incentivo da cooperação e, sobretudo, carinho e amizade.

BIOGRAFIA

Natalia Andrea Rincón Beltrán, filha de Inês Beltrán Galeano e Luis Alberto Rincón Velez, nasceu em 8 de julho de 1983, em Santa Fé de Bogotá, Cundinamarca, Colômbia.

Em fevereiro de 2000, ingressou na Universidade de Cundinamarca, graduando-se no curso de Zootecnia em janeiro de 2006.

Durante os anos de 2006 a 2008, trabalhou como Zootecnista em diferentes áreas.

Em março de 2009, iniciou seu Mestrado em Zootecnia, na área de Nutrição Animal, na Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – MG.

Em 22 de fevereiro de 2011, submeteu-se aos exames finais de defesa de dissertação para a obtenção do título de *Magister Scientiae*, em Zootecnia.

RESUMO

BELTRÁN, Natalia Andrea Rincón. Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, fevereiro de 2011. 46 p. **Cinética de trânsito de partículas de silagens produzidas em sistemas de consórcio capim-braquiária, milho e leguminosas.** Orientadora: Margarida Maria Nascimento Figueiredo de Oliveira. Co-orientadores: Fernando de Paula Leonel e Severino Delmar Junqueira Villela. Dissertação (Mestrado em Zootecnia).

Um estudo avaliando a cinética de trânsito de partículas de silagens produzidas em sistemas de consórcio milho, capim-braquiária e leguminosas foi realizado em sistema de plantio direto numa área da Fazenda Experimental Risoleta Neves (FERN) utilizada pelo convênio UFSJ/EPAMIG. Os consórcios utilizados foram: milho e capim-braquiária (MB); milho, capim-braquiária e *Calopogonium mucunoides*; milho, capim-braquiária e *Macrotyloma axillare*; milho, capim-braquiária e *Stylosanthes capitata*. Decorridos aproximadamente 110 dias após o plantio, foi realizado o corte mecânico e ensilagem manual, sendo utilizados baldes de polivinil carbono, com capacidade para 12 kg de material fresco, nos quais foram adaptados flanges de silicone nas tampas para permitir o escoamento de gases. Ao término de todo o processo de ensilagem, foram retidas amostras de forma adequada e em quantidade suficiente para determinação da composição bromatológica, para marcação da fibra. Para incubação das fibras marcadas, foram usados quatro bovinos mestiços holandês-zebu, fistulados no rúmen. As fezes foram coletadas nos tempos zero (imediatamente após a administração da fibra complexada com cromo), 1, 2, 4, 6, 8, 12, 16, 20, 24, 28, 32, 36, 40, 44, 48, 56, 64, 72, 80, 88, 96, 120, 132, 144 e 192 horas. Os teores de cromo nas amostras de fezes foram analisados para análises subsequentes. O tempo dos perfis de concentração do marcador nas fezes foi ajustado para o modelo compartimental. O *turnover* ou tempo médio de retenção no rúmen-retículo (*TMRR*) foi estimado com base em interpretações biológicas, no qual ambas as fases - ascendente e descendente do perfil de excreção de marcadores nas fezes exercem influência na retenção de partículas no rúmen-retículo. O tempo médio de retenção de partículas no *raft* (*TMR1*), bem como o tempo médio de retenção de partículas na fase líquida ruminal (*TMR2*) e o *TMRR*, foram ajustados para a cinética de passagem e estimados com o procedimento NLIN do SAS. A seleção da melhor versão para a ordem de dependência de tempo (*N*) e, conseqüentemente, do melhor modelo para

explicar a taxa de passagem foi avaliada pelo cômputo ($AICc_h$), o qual foi calculado pela soma dos quadrados do erro (SSE_h), número de parâmetros estimados, incluindo a variância residual (σ_h^2), e o tamanho da amostra (n_h) para todas as diferentes versões de N , $\forall h = 1, 2, \dots, 6$. As diferenças entre os valores do $AICc_h$ (Δ_h), a probabilidade de verossimilhança (w_h), e a razão de evidência (ER_h) foram computadas. As estimativas dos parâmetros dos perfis de taxa de passagem foram ajustadas de acordo com procedimentos de regressão robusta, para reduzir o efeito de observações discrepantes (*outliers*) e eliminar a subjetividade em suas avaliações. Após a estimativa dos valores paramétricos da dinâmica de passagem e do tempo médio de retenção no rúmen-retículo, foram realizadas análises de variância com nível de significância de 5% para comparação desses entre as diferentes silagens em estudo. Essas análises foram realizadas com a utilização do programa de análises estatísticas STATISTICA. As fibras das silagens de milho–capim-braquiária, milho–capim-braquiária e calopogônio, milho–capim-braquiária e java, milho–capim-braquiária e estilosantes tiveram taxas semelhantes de λ , k , TMR1, TMR2 e TMRR. Portanto, a cinética das partículas das silagens dos consórcios é semelhante. Assim, a tomada de decisão pelo tipo de consórcio a ser utilizado deve ser baseada em outros fatores, como facilidade do manejo e economia da silagem.

Palavras-chave: cinética, marcador, partículas, rúmen, tempo, leguminosas.

ABSTRACT

BELTRÁN, Natalia Andrea Rincón. Federal University of the Jequitinhonha and Mucuri Valleys, february 2011. 46 p. **Transit kinetics of silage particles produced in brachiaria grass, maize and legumes intercropping systems.** Adviser: Dr^a Margarida Maria Nascimento Figueiredo de Oliveira. Co-Advisers: Fernando de Paula Leonel e Severino Delmar Junqueira Villela. Dissertation (Master's degree in Animal Science).

A study evaluating the transit kinetics of silage particles produced in maize, brachiaria grass and legumes intercropping systems was held in no-tillage in a Risoleta Neves Experimental Farm (FERN) area used by UFSJ / EPAMIG agreement. The systems were: maize and brachiaria grass (MB); maize, brachiaria grass and *Calopogonium mucunoides*; maize, brachiaria grass and *Macrotyloma axillare*; maize, brachiaria grass and *Stylosanthes capitata*. Approximately 110 days after planting there were carried mechanic harvest and manual silage and used polyvinyl carbon buckets with capacity for 12 kg of fresh material, in which there were adapted silicone flanges on the covers to allow the gases escape. At the end of the fermentation process, there were appropriately retained samples in sufficient amount to determine the chemical composition in order to mark the fiber. To conduct the hatching for the marked fibers, there were used four crossbred holstein-zebu cattle with tubed rumen. The feces were collected at the times 0 (immediately after chromium complexed fiber administration), 1, 2, 4, 6, 8, 12, 16, 20, 24, 28, 32, 36, 40, 44, 48, 56, 64, 72, 80, 88, 96, 120, 132, 144 and 192 hours. The chromium levels in feces samples were analyzed for subsequent analysis. The times of concentration profiles of the feces tracer was set for the compartmental model. The turnover or average retention time in the rumen-reticulum (TMRR) was estimated based on biological interpretations, in which both rising and falling phases of the feces tracer excretion pattern may influence the particles retention in the rumen-reticulum. The average particles retention time in the raft (TMR1) and in the rumen liquid phase (TMR2) and the TMRR were adjusted for the passage kinetics and estimated with the NLIN procedure of SAS. The selection of the best version for the dependence time order (N) and hence the best model to explain the passage rate was evaluated by determining (AIC_{Ch}), which was calculated by the error squares sum (SSE_h), estimated parameter numbers, including the residual variance ($\sigma^2_{\epsilon_h}$), and the sample size (n_h) for all versions different

from N , $\forall h = 1, 2, \dots, 6$. The differences between the values of $AICc_h(\Delta_h)$, the likelihood probability (w_h), and the evidence ratio (ER_h) were computed. The profile parameters of passage rate estimatives were adjusted according to robust regression procedures for the purpose of reduce the effect of outliers and eliminate subjectivity in the evaluations. After the estimation of parameter values about passage dynamics and the average retention time in the rumen-reticulum, there were performed variance analyses with a 5% significance level compared to the silages in this study. These analyses were performed using the STATISTICA, a statistical analysis program. The fibers of maize-brachiaria grass, maize-brachiaria grass and *Calopogonium mucunoides* signal, maize-brachiaria grass and java, maize-brachiaria grass and *Stylosanthes capitata* silages had similar rates of λ , k , TMR1, TMR2 and TMRR. Therefore, the particles kinetics of the systems was similar. Thus, the choice of the system should be based on other factors, such as management ease and silage economy.

Keywords: kinetics, tracer, particles, rumen, time, legumes

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL	13
2 REVISÃO DA LITERATURA.....	16
2.1 Consórcio capim-braquiária e milho	16
2.1.1 Leguminosas no consórcio e ensilagem.....	17
2.1.2 Trânsito de partículas.....	18
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	23
3 ARTIGO.....	27
3.1 CINÉTICA DE TRÂNSITO DE PARTÍCULAS DE SILAGENS PRODUZIDAS EM SISTEMAS DE CONSÓRCIO CAPIM-BRAQUIÁRIA, MILHO E LEGUMINOSAS	28
RESUMO	28
3.1 TRANSIT KINETICS OF SILAGE PARTICLES PRODUCED IN BRACHIARIA GRASS, MAIZE AND LEGUMES INTERCROPPING SYSTEMS	29
ABSTRACT.....	29
3.2 INTRODUÇÃO.....	30
3.3 MATERIAL E MÉTODOS	32
3.3.1 Parâmetros de Cinética do Trânsito de Partículas	34
3.3.1.1 Estimativa da cinética de marcadores de partículas	35
3.3.1.2 Processos estatísticos e critérios de avaliação de modelos	36
3.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
3.5 CONCLUSÃO	45
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	47
4CONCLUSÃO GERAL	50

1 INTRODUÇÃO GERAL

Nas últimas décadas, o produtor rural tem procurado alternativas para melhorar as características econômicas e produtivas da terra, maximizando o seu uso. O consórcio de culturas é viável em todos os sistemas de produção e independe do tamanho da propriedade, sendo também uma ferramenta para pequenos produtores. O sistema é interessante, visto que possibilita o uso mais intensivo de pequenas áreas, permite plantar simultaneamente duas ou mais culturas, elevando a produção de alimentos com a otimização do uso de insumos; diminui o risco de insucesso, pois, em caso de problemas na produtividade de uma cultura, em função de variações climáticas ou ataque por pragas, a outra ou outras culturas componentes podem compensá-la, bem como pode ocorrer maior retorno econômico decorrente de baixo valor de mercado de algum produto.

Segundo Leonel *et al.* (2009), a integração lavoura pecuária por meio do consórcio de culturas é uma ferramenta conservacionista, economicamente viável e é estratégica para produção de forragens, tanto pasto quanto silagens, para garantir adequada alimentação com volumosos de boa qualidade na época seca.

Os autores argumentam que a prática pode ser considerada como: tecnicamente viável; economicamente suficiente; social e ecologicamente correta, pois possibilita melhorias em atributos químicos, físicos e microbiológicos do solo, na produtividade do pasto e produção de carne e leite quando da utilização desse pasto após colheita do milho ou ensilagem das forragens dos consórcios; produção de silagens de boa qualidade e melhorias na produção de carne de animais confinados; redução da infestação de plantas daninhas e, conseqüentemente, do uso de herbicidas; redução do uso de inseticida, bem como redução e otimização do uso de fertilizantes; aumento da biodiversidade de pasto e áreas circunvizinhas, bem como melhorias de outras variáveis ecológicas; entrada de ativos financeiros no caixa das empresas rurais com aproveitamento dos investimentos; por viabilizar uma produção economicamente sustentável pode garantir a preservação de áreas de reserva legal (RL) e de preservação permanente (APP).

No campo da produção animal, os bovinos têm abastecido a população mundial com leite e carne, como agentes de proteína de alto nível biológico. Entretanto, precisa-se com urgência desenvolver mais pesquisas de nutrição e manejo

nutricional para esses animais visando à maximização da utilização dos recursos produtivos (terra, capital, mão-de-obra e conservação ambiental).

A digestão nos ruminantes é um processo de interações complexas envolvendo os microrganismos do rúmen e hospedeiro. A separação do processo em diferentes componentes permite melhor compreensão da dinâmica e facilita a descrição matemática dos eventos. Os modelos matemáticos permitem estudar e estimar os parâmetros que descrevem a natureza do alimento e as interações intrínsecas da digestão em nutrientes.

Morfofuncionalmente, o sistema digestório dos ruminantes pode ser dividido em distintos compartimentos: quatro estomacais - rúmen, retículo, omaso e abomaso; intestino delgado e grosso, e glândulas anexas, com características próprias e particulares. No rúmen e retículo a digestão ocorre pela ação microbiana, enquanto no abomaso e intestino delgado existem diferentes complexos enzimáticos que digerem os alimentos. O compartimento ruminal pode ser separado em dois subcompartimentos com características de degradação e passagem diferentes: uma fase líquida e uma sólida em que há evidência da presença de partículas com rápida taxa de passagem e de degradação (concentrado) e as partículas que têm tempos de retenção longos e lenta degradação (forrageiras) (Noguera & Ochoa, 2007).

Também, histologicamente, os tecidos de plantas forrageiras podem ser divididos em três tipos: 1) material rapidamente fermentável (células mesófilas), 2) material de fermentação lenta (esclerênquima, parênquima) e 3) material indigestível (tecido vascular lignificado) (Akin, 1979). Nas primeiras horas da fermentação parte do substrato, principalmente açúcares solúveis, é fermentada de imediato. Todavia, isso representa apenas uma pequena fração do material potencialmente digestível. O material restante é hidratado e colonizado pelos microrganismos ruminais, o que resulta em diferentes taxas de degradação, dependendo da concentração de carboidratos estruturais, do teor de lignina e da maturidade da planta.

As taxas de digestão dos componentes dos alimentos variam consideravelmente com valores de 0,02/h para os açúcares solúveis; e 0,02/h para os carboidratos complexos em fibras. Essas diferenças nas taxas de digestão e passagem exigem que os componentes dos alimentos sejam identificados e referidos nos modelos de digestão e degradação.

Os processos de digestão e passagem podem ser descritos por modelos compartimentais em que cada compartimento representa um processo diferente. Diferentes modelos foram propostos para descrever a digestão e passagem do alimento no trato gastrointestinal de ruminantes (Vieira *et al.*, 2008; Baldwin *et al.*, 1977; Baldwin *et al.*, 1987; France *et al.*, 1982; McDonald, 1981).

Nesses modelos, considera-se que o alimento desaparece do rúmen pela degradação e absorção ou pela passagem para o trato digestivo inferior, para finalmente aparecer nas fezes. A proporção de nutrientes disponíveis para o ruminante varia em função da concorrência entre as taxas de degradação e passagem.

Os modelos matemáticos são uma boa aproximação para simular situações reais (Vieira *et al.*, 2008). A precisão desses modelos depende dos fatores genéticos, anatômicos e fisiológicos do animal e fatores associados com os alimentos, como a composição bromatológica e processamento.

Objetivou-se neste trabalho avaliar a cinética de passagem de fibras de silagens de consórcios de milho-capim-braquiária, milho-capim-braquiária e calopogônio, milho-capim-braquiária e Java e milho-braquiária-estilosantes.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Consórcio capim-braquiária e milho

Os consumidores de produtos de origem animal se preocupam cada vez mais com outros fatores, não inerentes somente ao custo de aquisição dos bens de consumo. A segurança alimentar, a responsabilidade social e, principalmente, a responsabilidade ambiental vêm conquistando importância na tomada de decisão por ocasião da aquisição desses produtos. Assim, uma das metas da agropecuária brasileira deve ser a busca por sistemas de produção eficientes e com flexibilidade para adequar-se a essas exigências, visando assegurar a competitividade aos produtores e a sustentabilidade sócio-ambiental.

Dentro desse contexto, a integração lavoura e pecuária vem se destacando por ser uma tecnologia moderna e conservacionista. Contudo, exige que os produtores sejam ao mesmo tempo agricultores e pecuaristas ou que se associem para gerir esses sistemas. Do ponto de vista da pecuária, vários são os entraves à produtividade dos sistemas, destacando degradação das pastagens (Miranda *et al.*, 1996; Kichel *et al.*, 1999; Townsend *et al.*, 2000; Oliveira *et al.*, 2001), a escassez de alimento volumoso, bem como a perda do valor nutritivo desses alimentos para a alimentação de bovinos durante a estação seca (Santos *et al.*, 2004).

Desse modo, o pecuarista, principalmente o pequeno produtor, encontra-se diante de um duplo problema: necessidade de recuperação da produtividade da pastagem e de produzir e armazenar volumoso de boa qualidade para a época mais crítica do ano (período seco). Ressalta-se, nesse caso, a necessidade de investimento, contextualizado em panorama crítico: pequeno produtor, com baixa capacidade de investimento. Assim, o cultivo simultâneo de milho e braquiária aparecem como uma função bijetora, tendo como imagem ou resposta as soluções para os dois problemas. Quando se trata da conservação de forragem por meio de ensilagem, particular interesse deve ser dispensado para o padrão de fermentação da silagem.

O processo fermentativo de gramíneas perenes, no qual se enquadra o capim-braquiária, tem alguns fatores limitantes (entraves), como os baixos teores de matéria seca e de carboidratos solúveis, e o elevado poder tampão (Nussio, 2001; Reis & Coan, 2001). Já o milho é considerado padrão para ensilagem no que se refere às características fermentativas e desempenho animal (Ferreira, 2001).

2.1.1 Leguminosas no consórcio e ensilagem

Outra opção para recuperação de pastagem e produção de volumoso, dentro do sistema integrado lavoura-pecuária, é o cultivo simultâneo de milho e capim-braquiária, com vistas, à produção de silagem. Todavia, independente do sistema, a adubação é indispensável para a adequada produção de forragem, especialmente em pastagens degradadas instaladas em solos ácidos e de baixa fertilidade natural. Porém, a aplicação de fertilizantes potássicos, fosfatados e, especialmente, nitrogenados nem sempre é realizada devido ao elevado custo (Moreira *et al.*, 2005).

Assim, o uso de leguminosas consorciadas com gramíneas tem sido uma estratégia usada para a fixação biológica de nitrogênio, o que incrementa os teores e a disponibilidade desse nutriente no solo (Das Ros, 1993; Heinrichs *et al.*, 2001; Aita & Giacomini, 2003; Barcellos *et al.*, 2008). Isso permite diminuir a aplicação de doses de N mineral em sistemas de consórcio, como o de capim-braquiária, milho e leguminosa, reduzindo os custos com o fertilizante e a probabilidade de perda de N para espelhos de água superficiais e lençóis freáticos, mas com satisfatórias produções de forragens.

Em sistemas consorciados com presença de leguminosas, uma proporção do nitrogênio fixado simbioticamente pela leguminosa torna-se disponível para utilização pela gramínea associada ou por outras plantas não leguminosas. O nitrogênio fixado transfere-se para o sistema (biosfera) sob a forma de compostos solúveis de nitrogênio liberados pela planta, resíduos formados por partes da leguminosa que se acumulam no solo e excrementos dos animais em pastejo. A liberação de compostos nitrogenados solúveis de partes vivas da planta constitui-se em apenas uma pequena parte do total do nitrogênio transferido e compreende a lixiviação de nitrogênio das folhas, assim como a excreção de nitrogênio das raízes e nódulos (Carvalho, 1986).

Costa *et al.* (1998) verificaram que a introdução de leguminosas, independentemente da adubação fosfatada, mostrou-se prática e tecnicamente viável para a recuperação de pastagens de *B. brizantha* cv. Marandu. Vargas *et al.* (1995) observam que a associação da *B. brizantha* com as leguminosas *Centrosema hybrid*, *Galactia striata* e *Desmodium ovalifolium* fornece mais de 30% do nitrogênio acumulado pela gramínea.

A interação de leguminosas e gramíneas é aconselhável não somente para induzir o consumo de matéria seca pelos animais em pastejo, mas, principalmente para adição de nitrogênio ao solo (Miranda *et al.*, 1999; Zimmer & Filho, 1997), uma vez que as gramíneas tropicais adicionam continuamente ao solo materiais com alta razão C/N, conduzindo à imobilização do nitrogênio e à construção de matéria orgânica recalcitrante. Segundo Vargas *et al.* (1995), nos solos nos quais a disponibilidade de nitrogênio é alta o suficiente para inibir a atividade do nitrogênio fixado biologicamente pelas leguminosas em monocultivo, o estabelecimento de gramínea poderá consumir o nitrogênio disponível no solo e forçará a leguminosa a obter nitrogênio fixado biologicamente. Nessa condição, a produção total de nitrogênio no sistema com a associação será maior do que com a gramínea ou a leguminosa sozinha.

Assim, sob a ótica de sustentabilidade em sistemas de integração lavoura pecuária, é notória a contribuição das leguminosas na transferência de nitrogênio para a gramínea associada e para o sistema como um todo. No entanto, a importância relativa da via de silagem dependerá das características inerentes às espécies consorciadas, principalmente da leguminosa (Cantarutti & Boddey, 1997).

Também Kaldmäe *et al.* (2000) afirmaram que a digestibilidade de plantas leguminosas decresce mais lentamente do que gramíneas com o avançar da maturidade, possuindo, assim, período ótimo para ensilagem mais longo. Por outro lado, leguminosas, de modo geral, apresentam alguns limitantes para a ensilagem, como: baixo teor de carboidratos fermentescíveis, elevado teor de umidade, alto poder tampão (dificuldade de redução do pH) e maior dificuldade na mecanização da colheita (Leonel, 2008).

No que se refere aos problemas de fermentação do material ensilado, práticas como consórcio com milho ou sorgo, ou mistura do material oriundo dessas culturas no momento da ensilagem, uso de aditivos adsorventes de umidade, inoculantes biológicos e enzimas, têm apresentado resultados satisfatórios, com relação ao padrão de fermentação e qualidade nutritiva do material ensilado (Garcia, 2006).

2.1.2 Trânsito de partículas

A taxa de passagem ou de trânsito refere-se ao fluxo de resíduos não digeridos e indigestíveis através do trato digestivo, que atua de forma simultânea e competitiva

com a digestão. O fluxo ruminal inclui, além da fibra indigestível, outras frações não degradadas do alimento e bactérias, sendo que a composição e o volume da dieta são variáveis externas que influenciam a digestão, a taxa de digestão e a reciclagem do conteúdo ruminal (Oliveira, 2010).

Existem dois paradigmas acerca da retenção de fibra no rúmen-retículo. O primeiro (Figura 1) trata a massa ruminal de fibra como um montante homogêneo, e a modelagem dessa massa é minimamente dividida em dois compartimentos: fração potencialmente digerível e fração indigerível da fibra consumida. Esse paradigma apresenta falhas em seu poder preditivo (Huhtanen *et al.*, 1995; Vieira *et al.*, 2000; 2008). No entanto, é o modelo em uso dentro dos diferentes sistemas nutricionais (AFRC, 1993; 1997; NRC, 1996; 2001; Fox *et al.*, 2003).

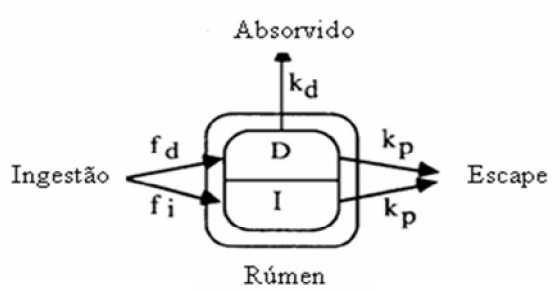


Figura 1 – Cinética de passagem de partículas fibrosas no rúmen. Esquema adaptado de Allen & Mertens (1988)

f_d = fração da fibra potencialmente digerível

f_i = fração indigerível da fibra

D = Porção digerível

I = Porção indigerível

k_d = taxa de degradabilidade

k_p = taxa de escape ruminal

O segundo paradigma é modelagem construída sobre o fato de que os perfis de passagem do material fibroso não digerido são produzidos por dois compartimentos ruminais. A natureza funcional dos compartimentos do rúmen e a representação esquemática do escape de partículas no trato gastrointestinal TGI podem ser visualizadas na Figura 2.

λ = taxa de transferência das partículas marcadas pelo indicador do *raft* para o “pool” de partículas escapáveis;

k = taxa de escape do “pool” de partículas escapáveis marcadas com indicador do rúmen para o restante do trato gastrointestinal;

τ = tempo de trânsito do indicador de saída do orifício retículo-omasal e o aparecimento nas fezes.

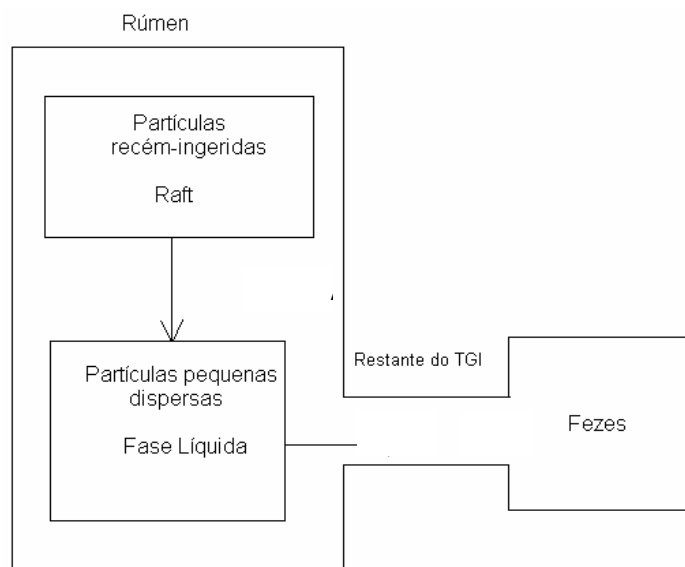


Figura 2 – Cinética de passagem de partículas no rúmen. Esquema adaptado de Oliveira (2010)

Mertens & Ely (1982) descreveram que a taxa de passagem dos alimentos no trato digestivo é influenciada pelos níveis de consumo e forma física da dieta. Os principais fatores determinantes da taxa de passagem são o tamanho e a gravidade específica das partículas. Hristov *et al.* (2003), Oshita *et al.* (2004), Ellis *et al.* (1992) definem o tempo no qual as partículas do alimento permanecem no rúmen-retículo, bem como a distribuição nos diferentes locais desses compartimentos.

Se a taxa de passagem é um fator limitante no desaparecimento de material no rúmen, o entrelaçamento de partículas que constituem a malha filtrante do rúmen ou *raft* pode também assumir papel importante nesse processo (Ulyatt *et al.*, 1986). Segundo Sutherland (1988), citado por Thiago & Gill (1990), essa malha filtrante funcionaria como uma peneira que seleciona partículas em movimento no rúmen, e

sua formação depende da relação tamanho:densidade das partículas que constituem a digesta e, conseqüentemente, do tempo após a alimentação e do tipo de forragem ingerida. Além disso, a presença do *raft* é também uma necessidade para manutenção das funções normais do rúmen, por meio da estimulação tátil de seu epitélio.

A oferta de alimentos que proporciona maior taxa de passagem influenciará diretamente a degradação desses alimentos pelo menor tempo de exposição aos microrganismos que, a partir deles, produzem nutrientes que serão utilizados pelos animais. Por outro lado, maior tempo de retenção dos alimentos no rúmen implicará em maiores degradabilidade e fermentação por estarem mais tempo expostas a microbiota ruminal (AFRC, 1992).

A quantificação da massa ou conteúdo ruminal é extremamente importante para os estudos relacionados à digestão e cinética. Diversos métodos podem ser utilizados para quantificar o conteúdo ruminal: determinação direta (abatendo o animal ou esvaziando o órgão) ou indireta, em que são utilizadas substâncias de referência, denominadas marcadores.

Há várias categorias de marcadores de partículas, tais como partículas inertes, que são os pedaços de plástico ou borracha, corantes, metais pesados, como o cromo e as terras raras, dentro os quais lantânio e itérbio, que podem ser complexados à fibra da planta. A escolha deve estar de acordo com as características de cada marcador, a fim de se ajustar às necessidades do experimento, visto que os compostos de metais pesados, usados como marcadores, formam ligações covalentes induzidas entre a matriz orgânica e o elemento.

O cromo (dicromato de potássio ou de sódio) forma uma ligação covalente via grupo hidroxila, e as terras raras se ligam com a matriz orgânica pela troca de cátions. Porém, esses elementos, quando ligados à parede, reduzem a digestibilidade e formam ligações resistentes à ação enzimática. O princípio que rege a utilização dos indicadores baseia-se no fato de que, à medida que o alimento transita pelo trato gastrointestinal, a concentração do indicador aumenta progressivamente pela remoção de constituintes do alimento por digestão e absorção (Owens & Hanson, 1992).

As soluções de terras raras, assim como as de cromo complexado, reagem com substâncias que possuem grupos carboxílicos livres, oxalatos, fosfatos, parede celular microbiana e saliva; portanto, não devem ser administradas diretamente no rúmen, mas previamente complexadas às partículas do alimento (Van Soest *et al.*, 1991).

Várias técnicas estão disponíveis para estimar a taxa de passagem (k) ou o tempo médio de retenção ($1/k$) das partículas pelo trato gastrintestinal dos ruminantes. A estimativa da taxa de passagem tem sido realizada por meio da infusão de dose única do indicador diretamente no rúmen de animais canulados com posterior amostragem das fezes, em intervalos de tempo conhecidos, nas quais são analisadas as concentrações do elemento químico utilizado. A curva de excreção do indicador é, então, ajustada a um modelo matemático para determinar os coeficientes relacionados à passagem das partículas (Viera, 2008).

Portanto, a dinâmica ruminal ocorre constantemente, de forma simultânea e competitiva para a remoção da digesta presente no rúmen em consequência da disponibilidade de nutrientes para o animal, independente da qualidade e quantidade de alimento presente no compartimento. Assim, a interação desses fatores é fundamental para estabelecer modelos representativos dos eventos biológicos que ocorrem no rúmen-retículo (Vieira, 2008).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AFRC. Agricultural and Food Research Council: Technical commite on responses to nutrients: **Nutritive requeriments of ruminant animal protein**.ed.68. p.65-71 , 1993

AITA, C.; GIACOMIN, S. J. Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura de solo solteiras e consorciadas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, p. 601-612, 2003.

AKIN, D.E. Microscopic evaluation of forage by rumen microorganisms – **A review. Journal Animal Science.** v. 48, p.701-722, 1979.

ALLEN, M.S. MERTENS DR. Evaluating constraints on fiber digestion by rumen microbes. **Journal Nutr** v. 118, p.261-270, 1988.

BALDWIN, R.L.; KOONG, L.J.; ULYATT, M.J. A dynamic model of ruminant digestion for evaluation of factors affecting nutritive value. **Agricultural System**, v.2, p.255-287, 1977.

BALDWIN, R.L.; THORNLEY, J.H.; BEEVER, D.E. Lactating cow metabolism. 2. Digestive elements of a mechanistic model. **Journal Dairy Research**, v. 54, p.107-131, 1987

CANTARUTTI, R.B.; BODDEY, R.M. Transferência de nitrogênio das leguminosas para as gramíneas. In: Simpósio internacional sobre produção animal em pastejo, 1., 1997, Viçosa. **Anais...** Viçosa: José Alberto Gomide, 1997. p.431-445

CARVALHO, M.M. Fixação biológica como fonte de nitrogênio para pastagens. In: Simpósio sobre calagem e adubação de pastagens,1., 1985, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Potafós, 1986. p.125-143.

COSTA, N.L.; TOWNSEND, C.R.; MAGALHÃES, J.A.; et al.,Métodos de introdução de *Pueraria phaseoloides* em pastagens degradadas de Brachiaria brizantha cv. Marandu. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35. Botucatu 1998.

DA ROS, C. O. Plantas de cobertura do solo e fornecimento de nitrogênio para o milho em plantio direto. Santa Maria, 1993, 85p. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade Federal de Santa Maria.

ELLIS, W. C.; MAHLOOJI, M.; LASCANO, C. E. et al.,Effects of size in ingestively grasses in reduced irradiance. **Crop Science**, v. 32, p.1033-1038, 1992.

FERREIRA, J.J. **Estágio de maturação ideal para ensilagem de milho e sorgo.** In: Produção e utilização de silagem de milho e sorgo. (Eds.) CRUZ, C. C, et al.,CNPMS/EMBRAPA. 2001.

FOX, D. G.; TYLUTKI, T. P.; TEDESCHI, L. O. Sistema de Carboidratos e Proteínas "Líquidos" para a Avaliação da Nutrição de Rebanhos e Excreção de Nutrientes:

Documentação do Modelo *CNCPS*. Juiz de Fora: EMBRAPA Gado de Leite, 202p, 2003.

FRANCE, J.; THORNLEY, J.H.; BEEVER, D.E. A mathematical model of the rumen. **Journal Agriculture Science**, v.99, p.343-353, 1982.

GARCIA, A. Alternative Forages for Dairy Cattle: Soybeans and Sunflowers. 2006. SDSU College of Agriculture & Biological Sciences publications Disponível em: <<http://agbiopubs.sdstate.edu/articles/ExEx4023.pdf>>. Acesso em: 13/10/2010.

HEINRICHS, R.; AITA, C.; AMADO, T. J. C.; FANCELLI, A. L. Cultivo consorciado de aveia e ervilhaca: Relação C/N da fitomassa e produtividade do milho em sucessão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, p. 331-340, 2001

HRISTOV, A. N.; AHVENJRV, S.; McALLISTER, T. A. et al. Composition and digestive tract retention time of ruminal particle with functional specific gravity greater or less than 1,02, **Journal of Animal Science**, v.81, p.2639-2648, 2003.

HUHTANEN, P.; KUKKONEN, U., Comparison of methods, markers, sampling sites and models for estimating digesta passage kinetics in cattle fed at two levels of intake. **Animal Feed Science and Technology**, v.52, n.1/2, p.141-158, 1995.

KALDMÄE, H., KARIS, V., KÄRT, O. Results of determining the optimum time for ensiling. In. Conference Animal Nutrition. **Anais...** Tartu, p.88-95, 2000.

KICHEL, A.N., MIRANDA, C.H.B., ZIMMER, A.H. Degradação de pastagens e produção de bovinos de corte com a integração agricultura x pecuária. In: I Simpósio de produção de gado de corte. **Anais...** Viçosa, MG, p.201-234. 1999.

LEONEL, F.P.; PEREIRA, J.C.; COSTA, M.G. et al. Consórcio capim-braquiária e soja, produtividade das culturas e características qualitativas das silagens. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.11, p.2031-2040, 2008.

McDONALD, I.M. A revised model for the estimation of protein degradability in rumen. **Journal of Animal Science** v.96, p.251-252, 1981

MERTENS, D.R.; ELY, L. O. Relationship of rate and extent of digestion to forage utilization – a dynamic model evaluation. **Journal of Animal Science**, v. 54, p. 895-905, 1982.

MIRANDA, C. H. B., KICHEL, A. N., MACEDO, M. C. M. Recuperação de pastagens degradadas de *Brachiaria decumbens* com o cultivo simultâneo de milho. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37., 1996, Fortaleza, **Anais...** Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1996. p.75-77

MIRANDA, C.H.B.; FERNANDES, C.D.; CADISCH, G. Quantifying the nitrogen fixed by *Stylosanthes*. **Pasturas Tropicais**, v.21, n.1, p.64-69, 1999.

MOREIRA, L. M.; FONSECA, D. M, Cláudio Manoel Teixeira Vítor. Renovação de pastagem degradada de capim-gordura com a introdução de forrageiras tropicais

adubadas com nitrogênio ou em consórcios. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.34, n.2, p.442-453, 2005.

NRC - National Research Council, 1996, Nutrients Requirements of Beef Cattle. Seventh Revised Ed., **National Academy Press**, EUA, 242pp.

NRC – NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*. 7th Edition, **National Academy Press**, Washington, 2001, 381p.

NOGUERA, R.R.; OCHOA, S.L.P. Modelación de la cinética de degradación de alimentos para rumiantes. **Revista Colombiana de Ciencias Agrarias**. v.20, p. 174 - 182, 2007.

NUSSIO, L.G. Volumosos suplementares na produção de bovinos de corte em pastagens. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., Piracicaba, 2001. **Anais...** Piracicaba: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2001. p.253-275.

OLIVEIRA, O.C., OLIVEIRA, I.P., FERREIRA, E. et al., Response of degraded pastures in the Brazilian Cerrado to chemical fertilization. **Pasturas Tropicales**, v.13, n.1. p.14-18, 2001.

OLIVEIRA, M.S., Estimativas de parâmetros cinéticos de degradabilidade e passagem de materiais originados da consorciação entre capim-braquiária e culturas de milho e soja. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. **Anais...** Viçosa: M.G, v. 25, p. 331-340, 2010.

OSHITA, T.; NONAKA, K.; KUME, S. et al., Effects of forage type on particle size distribution of ruminal digesta and faeces of non-lactating cows fed high quality forage. **Livestock Production Science**, v.91, p.107-115, 2004.

OWENS, F.N., HANSON, C.F., External and internal markers for appraising site and extent of digestion in ruminants. **Journal of Dairy Science**, v.75, 2605–2617, 1992

REIS, R.A., COAN, R.M. Produção e utilização de silagens de gramíneas. In: Colégio Brasileiro de Nutrição Animal, , Goiânia. **Anais...** Goiânia: III Simpósio Goiano sobre Manejo e Nutrição de Bovinos, 2001. p. 91-120, 2001

SANTOS, E.D.G.; PAULINO, M.F., QUEIROZ, D.S. Avaliação de pastagem diferida de *Brachiaria decumbens* stapf: características químicobromatológicas da forragem durante a seca. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.1, p.203-213, 2004.

THIAGO, L.R.L.S.; GILL, M. **Consumo voluntário: fatores relacionados com a degradação e passagem de forragem pelo rúmen**. Campo Grande. EMBRAPA-CNPGC, 1990. 65p. (EMBRAPA-CNPGC. Documento, 43).

TOWNSEND, C.R., COSTA, N.L., PEREIRA, R.G. Renovação de pastagens degradadas em consórcio com milho na Amazônia Ocidental. In: CONGRESSO

NACIONAL DE MILHO E SORGO, 18., 2000, Uberlândia, **Anais...** Uberlândia: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, [2000] (cdrom).

ULYATT, M.J.; DELLOW, A.J.; JOHN, A. et al., Contribution of chewing during eating and ruminantion to the clearance of digesta from the ruminoreticulum. In: MILLIGAN, L.P.; GROVUM, W.L.; DOBSON, A. **Control of digeston and metabolism in ruminants**. Reston, Reston Publishing, 1986, p. 498-515.

VAN SOEST, P.J., ROBERTSON, J.B., LEWIS, B.A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polyssaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, 74(10):3583-3597, 1991.

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

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

VIEIRA, R. A. M.; TEDESCHI, L. O.; CANNAS, A. A generalized compartmental model to estimate the fibre mass in the ruminoreticulum: 2. Integrating digestion and passage. **Journal Theoretical Biology**., v. 255, p. 357-368, 2008.

ZIMMER, A.H.; EUCLIDES FILHO, K. As pastagens e a pecuária de corte brasileira. In: Simpósio internacional sobre produção animal em pastejo, 1997, Viçosa. **Anais...** Viçosa: José Alberto Gomide, p.349-379, 1997

3 ARTIGO

3.1 CINÉTICA DE TRÂNSITO DE PARTÍCULAS DE SILAGENS PRODUZIDAS EM SISTEMAS DE CONSÓRCIO CAPIM-BRAQUIÁRIA, MILHO E LEGUMINOSAS

RESUMO

O objetivo do presente trabalho foi determinar, avaliar a cinética de passagem de fibras de silagens de consórcios de milho-capim-braquiária, milho-capim-braquiária e calopogônio, milho-capim-braquiária e Java e milho-braquiária-estilosantes. Para determinar a cinética de trânsito das partículas, foram usados quatro bovinos mestiços holandês-zebu, fistulados no rúmen. As fezes foram coletadas nos tempos zero (imediatamente após a administração da fibra complexada com cromo), 1, 2, 4, 6, 8, 12, 16, 20, 24, 28, 32, 36, 40, 44, 48, 56, 64, 72, 80, 88, 96, 120, 132, 144 e 192 horas. As estimativas dos parâmetros dos perfis de taxa de passagem foram ajustadas de acordo com procedimentos de regressão robusta. O tempo médio de retenção de partículas no *raft* (*TMR1*), bem como o tempo médio de retenção de partículas na fase líquida ruminal (*TMR2*) e o *TMRR* foram ajustados para a cinética de passagem e estimados com o procedimento NLIN do SAS. A partir dos resultados observados, pode-se sugerir que a taxa de transferência λ possui comportamento inverso à taxa de escape k ; os valores médios de τ , os tempos médios de retenção e os tempos médios de retenção de partículas na fase líquida ruminal (*TMR2*) não diferiram estatisticamente; entretanto, *TMR1* da silagem de milho foi menor numericamente em relação aos demais tratamentos; as características dos alimentos, após escaparem do *raft* e chegarem ao *TMR2*, foram muito equivalentes; (*TMRR*), relacionados aos tratamentos, não diferiram estatisticamente ($P < 0,05$). Observaram-se pequenas diferenças numéricas dos *TMRR* nos diferentes alimentos. As fibras das silagens de milho – capim-braquiária, milho – capim-braquiária e calopogônio, milho – capim-braquiária e java, milho – capim-braquiária e estilosantes tiveram taxas semelhantes de λ , k , *TMR1*, *TMR2* e *TMRR*. Portanto, a cinética das partículas das silagens dos consórcios é semelhante. Assim, a tomada de decisão pelo tipo de consórcio a ser utilizado deve ser baseada em outros fatores, como facilidade do manejo e economia da silagem.

Palavras-chave: cinética, marcador, partículas, rúmen, tempo, leguminosas.

3.1 TRANSIT KINETICS OF SILAGE PARTICLES PRODUCED IN BRACHIARIA GRASS, MAIZE AND LEGUMES INTERCROPPING SYSTEMS

ABSTRACT

The purpose of this study was to assess the passage kinetics of maize-brachiaria grass, maize-brachiaria grass and *Calopogonium mucunoides*, maize-brachiaria grass and java, maize-brachiaria grass and *Stylosanthes capitata* silage fibers. To determine the transit kinetics of particles, there were used four crossbred holstein-zebu cattle with the rumen tubed. The feces were collected at the times zero (immediately after chromium complexed fiber administration), 1, 2, 4, 6, 8, 12, 16, 20, 24, 28, 32, 36, 40, 44, 48, 56, 64, 72, 80, 88, 96, 120, 132, 144 and 192 hours. The profile parameters of passage rate estimatives were adjusted according to robust regression procedures. The average particles retention time in the raft (TMR1) and in the rumen liquid phase (TMR2) and the TMRR were adjusted for the passage kinetics and estimated with the NLIN procedure of SAS. From the observed results, may be suggested that the transference rate λ has an inverse behavior to the escape rate k , the average values, the average retention time and average particles retention time in the rumen liquid phase (TMR2) were not statistically different. However, maize silage TMR1 was numerically lower compared to other treatments, the food characteristics after the raft escape and reach to TMR2, were very similar; (TMRR), related to treatments, were not statistically different ($P < 0,05$). There were observed small TMRR numerical differences in different foods. The maize-brachiaria grass, maize-brachiaria grass and *Calopogonium mucunoides*, maize-brachiaria grass and java, maize-brachiaria grass and *Stylosanthes capitata* silage fibers had similar rates of λ , k , TMR1, TMR2 and TMRR. Therefore, the kinetics of the systems silage particles is similar. Thus, the choice of the system should be based on other factors, such as management ease and silage economy.

Keywords: kinetics, tracer, particles, rumen, time, legumes

3.2 INTRODUÇÃO

A pecuária no Brasil é normalmente baseada em sistemas a pasto, sujeita a alterações constantes da qualidade e quantidade de pastos, causadas pelas variações do clima tropical. A alimentação de bovinos em pastagem tem grande variação em nutrientes, em decorrência de alterações na qualidade da forragem, que sugere uma redução no consumo de energia, causando perda de peso, baixa condição corporal, produção de leite e carne. A utilização de silagens tem sido uma eficiente solução para os períodos de baixa produção de forragens, proporcionando volumosos de boa qualidade e largamente utilizados na alimentação de ruminantes.

Diversos autores têm demonstrado que silagens de consórcios entre gramíneas e leguminosas podem ter maior concentração de proteína bruta na matéria seca (MS) e maior produção de MS por hectare quando comparada a silagens do cultivo exclusivo de gramíneas. Os sistemas de consórcio, desde que bem manejados, podem promover aumento significativo na produtividade e viabilizar a continuidade da exploração agrícola dos solos brasileiros (Leonel *et al.*, 2009), ajudar na recuperação e renovação de pastagens e reduzir significativamente a intensidade de infestação de plantas daninhas (Severino *et al.*, 2005).

Na experimentação agrícola científica, o consórcio é difícil de ser avaliado e comparado estatisticamente com o cultivo solteiro, visto que a diferença no rendimento obtido em consórcio e o monocultivo é resultante de inúmeros fatores, como densidade e arranjo de plantas e todas as interações entre as culturas do sistema consorciado (Soares *et al.*, 2001). Nessas interações está incluída a competição interespecífica pelos fatores de crescimento e alguns fenômenos característicos de algumas culturas, capazes de provocar danos ou benefícios a uma cultura. Exemplos dessas interações são os efeitos alelopáticos ou o aproveitamento do nitrogênio pela outra cultura.

De acordo com Leonel *et al.* (2009), há vários benefícios da integração lavoura pecuária. Todavia, na maioria das vezes, há visualizado apenas o estudo sobre características quantitativas, principalmente, os efeitos sobre a produção da cultura agrícola como arroz, milho, soja, dentre outras, ficando em segundo plano as características qualitativas, como valor nutritivo e cinética de degradação e trânsito dos forragem produzidas nesses sistemas.

Modelos matemáticos são importantes em várias etapas da gestão e otimização da produção animal (Barioni *et al.*, 2002). Segundo Rothember *et al.* (1989), modelos são simplificações intencionais da realidade, visto que, enquanto os sistemas biológicos, como o rúmen e o trato gastrointestinal, são caracterizados por sua complexidade organizada, o modelo caracteriza-se pela representação de um determinado sistema, de forma simplificada, com a finalidade de extrair características relevantes para compreensão do seu comportamento ou para propor soluções de problemas relacionados (Checckland, 1989). O estudo da cinética de trânsito de partículas é avaliado por meio da utilização de modelos matemáticos, como os propostos por Vieira (2008).

Na construção desses modelos, foram consideradas as características particulares das amostras de alimentos, aspectos anatômicos e fisiológicos dos animais e dos processos relacionados à hidratação e colonização do substrato pelos microrganismos ruminais. Objetivou-se com este trabalho estudar a cinética de trânsito de partículas de silagens produzidas em sistemas de consórcio capim-braquiária, milho e leguminosas, utilizando a descrição matemática para sua aplicação prática.

3.3 MATERIAL E MÉTODOS

As silagens utilizadas para determinação da cinética de degradação da fibra e de trânsito de partículas foram oriundas de materiais cultivados em sistema de consórcio capim-braquiária, milho e leguminosas. Esses consórcios foram estabelecidos no ano agrícola 2009/2010 em sistema de plantio direto na Fazenda Experimental Risoleta Neves (FERN), utilizada pelo convênio Universidade Federal de São João del Rei/ EPAMIG.

Os consórcios utilizados foram: milho e capim-braquiária (MB); milho, capim-braquiária e *Calopogonium mucunoides* (MBC); milho, capim-braquiária e *Macrotyloma axillare* (MCM); milho, capim-braquiária e *Stylosanthes capitata* (MBS). Decorridos aproximadamente 110 dias após o plantio, quando os grãos apresentaram ponto farináceo, foi realizado o corte mecânico e ensilagem manual dos materiais oriundos dos consórcios, sendo utilizados baldes de polivinil carbono, com capacidade para 12 kg de material fresco, nos quais foram adaptados flanges de silicone nas tampas para permitir o escoamento de gases.

Após o enchimento, os baldes foram hermeticamente lacrados com fitas adesivas. Ao término de todo o processo de ensilagem (estabilização microbiológica) foram retiradas amostras, para determinação da composição bromatológica, marcação da fibra com finalidade de avaliar a cinética de trânsito de partículas. Os teores de composição bromatológica (Tabela 1) foram determinados de acordo com Silva & Queiroz (2002).

Tabela 1 Teores bromatológicos

AMOSTRA	REPETIÇÃO	FDN	FDA	% EE	% EE na MS	PB na MS
M	R1	48,05	24,35	2,93	2,79	4,69
M	R2	47,44	24,55	3,93	3,72	4,98
M	R3	42,92	24,35	3,48	3,31	4,58
M	R4	49,86	25,16	3,12	2,89	4,72
MB	R1	49,58	26,18	4,16	3,96	4,00
MB	R2	48,81	21,86	2,84	2,69	4,44
MB	R3	49,40	27,26	3,78	3,59	4,69
MB	R4	54,31	29,24	3,37	3,20	4,56
MBC	R1	46,50	24,00	3,43	3,18	4,56
MBC	R2	51,00	25,67	3,22	2,99	4,40
MBC	R3	48,76	25,27	3,90	3,61	4,07
MBC	R4	44,31	23,28	4,01	3,74	4,83
MBM	R1	50,15	22,97	4,18	3,97	4,56
MBM	R2	49,88	24,19	5,07	4,78	4,40
MBM	R3	44,33	22,22	5,38	5,10	4,07
MBM	R4	49,99	24,79	4,55	4,26	4,83
MBS	R1	43,03	23,37	3,40	3,13	4,74
MBS	R2	42,61	22,65	5,35	4,97	4,53
MBS	R3	45,12	23,50	4,20	3,90	4,81
MBS	R4	46,76	23,05	4,40	4,10	4,55

M= milho

MB= milho e capim-braquiária

MBC= milho, capim-braquiária e *Calopogonium mucunoides*

MBM= milho, capim-braquiária e *Macrotyloma axillare*

MBS= milho, capim-braquiária e *Stylosanthes capitata*

FDN= Fibra detergente Neutro

FDA= Fibra detergente Ácido

% EE= Porcentagem de Estrato Etéreo

% EE na MS= Porcentagem de Estrato Etéreo na Matéria Seca

PB na MS = Proteína Bruta na Matéria Seca

3.3.1 Parâmetros de Cinética do Trânsito de Partículas

O material foi marcado com a fervura num recipiente, por uma hora em solução de detergente neutro, na proporção de 100 g de amostra seca para 100 mL de detergente/litro de água conforme descrito por Udén *et al.*(1980). Após esse procedimento, o material foi filtrado em saco de tecido de algodão e lavado com água corrente de torneira, até o clareamento da água para a remoção dos componentes solúveis, sendo em seguida colocado na estufa a 60 ± 5 °C, durante 72 horas.

Em seguida, foi preparada uma solução de Dicromato de potássio ($K_2Cr_2O_7 \cdot 2H_2O$), na proporção de 13% de cromo em relação ao peso da fibra a ser marcada. Essa solução foi colocada em um recipiente de vidro, com posterior imersão da fibra. O recipiente foi coberto com papel alumínio e mantido em estufa a 105°C por 24 horas. A partir desse procedimento, o material foi acondicionado em saco de tecido de algodão e submetido a lavagem em água corrente, para remover o excesso de dicromato de potássio.

Após, o material foi imerso em solução de ácido ascórbico comercial, na proporção da metade do peso da fibra, permanecendo em repouso por uma hora, até exibir a cor verde intensa. Logo após, o material foi novamente acondicionado em saco de tecido de algodão e lavado repetidas vezes até o completo clareamento da água e, então, seco em estufa de ventilação forçada a 60 ± 5 ° C por 72 horas.

Para incubação das fibras marcadas, foram utilizados quatro bovinos mestiços holandês-zebu, fistulados no rúmen, conforme técnica descrita por Leão e Coelho da Silva (1980) e Leão (1978), distribuídos em delineamento em quadrado latino, sendo quatro tratamentos, quatro animais e quatro períodos experimentais.

As amostras marcadas foram colocadas nos bovinos via fístula ruminal. As fezes foram coletadas nos tempos zero (imediatamente após a administração da fibra complexada com cromo), 1, 2, 4, 6, 8, 12, 16, 20, 24, 28, 32, 36, 40, 44, 48, 56, 64, 72, 80, 88, 96, 120, 132, 144 e 192 horas, para estimar parâmetros de cinética de passagem de partículas. Após as coletas, as amostras foram secas em estufa de ventilação forçada à temperatura 60 ± 5 ° C, durante 72 a 96 horas, processadas em moinho tipo Willey com peneira de malha 1 mm e armazenadas para análises subsequentes. Os teores de cromo nas amostras de fezes foram analisados conforme método proposto por Willians *et al.* (1962).

3.3.1.1 Estimativa da cinética de marcadores de partículas

O tempo dos perfis de concentração do marcador nas fezes foi ajustado para o modelo compartimental generalizado sugerido por Matis *et al.* (1989):

$$C_t = e, 0 \leq t \leq \tau;$$

para $t > \tau$,

$$C_t = C_0 k \left\{ \delta^N \exp[-k(t - \tau)] - \exp[-\lambda(t - \tau)] \sum_{h=1}^N \delta^h [\lambda(t - \tau)]^{N-h} / (N - h)! \right\} + e.$$

As análises estatísticas dos dados usando o modelo acima forneceram estimativas dos seguintes parâmetros, que explicam a dinâmica da taxa de passagem:

C = concentração do indicador nas fezes

N = ordem de dependência de tempo;

λ = transferência de partículas do *pool* raft para o *pool* de partículas escapáveis dispersas na fase líquida do rúmen;

k = escape de partículas elegíveis do rúmen-retículo para o restante do trato gastrintestinal;

τ = tempo de trânsito (tempo equivalente à saída do marcador do orifício retículo-omasal até o primeiro aparecimento nas fezes).

O *turnover* ou tempo médio de retenção no rúmen-retículo (**TMRR**) foi estimado com base em interpretações biológicas; nele, ambas as fases - ascendente e descendente - do perfil de excreção de marcadores nas fezes exercem influência na retenção de partículas no rúmen-retículo (Vieira *et al.*, 2008). O tempo médio de retenção de partículas no *raft* (**TMR1**), bem como o tempo médio de retenção de partículas na fase líquida ruminal (**TMR2**) e o **TMRR** foram estimados de acordo com as seguintes equações (Vieira *et al.*, 2008):

$$TMR1 = N/\lambda;$$

$$TMR2 = 1/k;$$

$$TMRR = N/\lambda + 1/k.$$

3.3.1.2 Processos estatísticos e critérios de avaliação de modelos

Os parâmetros do modelo ajustado para cinética de passagem foram estimados com o procedimento NLIN do SAS (SAS System Inc., Cary, NC, USA). Ambos os algoritmos de Newton e Marquardt foram usados. Inicialmente, a forma ou algoritmo preferido foi de Newton, em razão da sua boa *performance* em termos de convergência. Porém, sempre que as correlações entre as estimativas dos parâmetros foram altas, optou-se pelo algoritmo de Marquardt.

A seleção da melhor versão para a ordem de dependência de tempo (N) e, conseqüentemente, do melhor modelo para explicar a taxa de passagem, foi avaliada pelo cômputo do critério de informações de Akaike ($AICc_h$) (Akaike, 1974; Burnham & Anderson, 2004). O $AICc_h$ foi calculado pela soma dos quadrados do erro (SSE_h), número de parâmetros estimados incluindo a variância residual (Θ_h), e o tamanho da amostra (n_h) para todas as diferentes versões de N , $\forall h = 1, 2, \dots, 6$. As diferenças dos valores do $AICc_h$ (Δ_h), a probabilidade de verossimilhança (w_h), e a razão de evidência (ER_h) foram também computadas usando as seguintes equações:

$$AICc_h = n_h \ln(SSE_h/n_h) + 2\Theta_h + 2\Theta_h(\Theta_h + 1)/(n_h - \Theta_h - 1);$$

$$\Delta_h = AICc_h - \min AICc_h;$$

$$w_h = \exp(-\Delta_h/2) / \sum_{h=1}^H \exp(-\Delta_h/2);$$

$$ER_h = (\max w_h) / w_h.$$

O cômputo do critério de informações permite comparar hipóteses, e por meio dos resultados, selecionar a que melhor prediz a realidade de acordo com grupo de dados. As estimativas dos parâmetros dos perfis de taxa de passagem foram ajustadas de acordo com procedimentos de regressão robusta (Beaton e Tukey, 1974), para reduzir o efeito de observações discrepantes (*outliers*), e eliminar a subjetividade em suas avaliações.

Após a estimativa dos valores paramétricos da dinâmica de passagem e do tempo médio de retenção no rúmen-retículo, foram realizadas análises de variância com nível de probabilidade de 5% para comparação das silagens. Essas análises foram realizadas com a utilização do programa de análises estatísticas STATISTICA.

3.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Considerando o tempo de retenção de fibra no rúmen-retículo, o primeiro paradigma, aparentemente mais aceito pela comunidade científica, trata a massa ruminal de fibra como um montante homogêneo, e a modelagem dessa massa é minimamente dividida em dois compartimentos: fração potencialmente digerível e fração indigerível da fibra consumida. Esse paradigma apresenta falhas em seu poder preditivo (Huhtanen *et al.*, 1995; Vieira *et al.*, 2000; 2008). No entanto, é o modelo em uso dentro dos diferentes sistemas nutricionais (AFRC, 1993; 1997; NRC, 1996; 2001; Fox *et al.*, 2003).

Pesquisadores do Texas (Ellis & Matis. 2001) propuseram uma modelagem alternativa com base na hipótese de retenção da fibra de Robert E. Hungate. Essa modelagem foi construída fundamentada nos perfis de passagem de material fibroso não digerido. Esses perfis são produzidos por dois compartimentos de retenção dentro do rúmen-retículo e, após, obedecem a um fluxo laminar ao longo do restante do trato gastrointestinal até o primeiro aparecimento desse material nas fezes. Essa interpretação cinética alternativa parece produzir previsões mais verossímeis sobre a dinâmica da fibra no rúmen. Por esse motivo, neste trabalho adotou-se o paradigma para estimar e explicar as taxas que descrevem a dinâmica da fibra no rúmen-retículo.

No período experimental, a dieta administrada aos animais foi silagem de milho. Os valores paramétricos encontrados para os diferentes tratamentos podem ter sido influenciados pela dieta fornecida aos animais, visto que a microflora ruminal estava adaptada a esse tipo de alimento.

A ordem de dependência de tempo (N) é usada em teoria de sistemas dinâmicos para descrever situações em que os mecanismos de atraso operam e interferem nos resultados de saída do sistema. Vieira *et al.*(2008) assumiram que a ordem de dependência de tempo decresce com o aumento da taxa de consumo de fibra. Isso significa que os mecanismos de atraso da taxa de passagem são

provavelmente atenuados com maiores taxas de consumo de alimentos. Quiros *et al.* (1988) observou que o N foi maior para o fluxo de grandes partículas em relação ao observado para pequenas partículas ou líquidos. Foi assumido que, quanto menor o valor de N , mais rápida será a taxa de passagem e, conseqüentemente, menor será o $TMRR$.

Os resultados da ordem de dependência de tempo podem ser observados na Tabela 2.

Tabela 2 Taxa de passagem e tempos médios de retenção em diferentes compartimentos do rúmen.

ALIMENTO	ANIMAL	N	λ	k	τ	$TMR1$	$TMR2$	$TMRR$
MILHO	1	1	0,271	0,028	23,8	3,69	35,71	39,40
MILHO	2	2	0,243	0,034	20,9	8,23	29,41	37,64
MILHO	3	2	0,179	0,042	15,8	11,17	23,64	34,81
MILHO	4	1	0,195	0,037	22,0	5,13	27,03	32,16
MBS	1	1	0,165	0,025	29,9	6,06	40,00	46,06
MBS	2	1	0,113	0,031	18,5	8,85	32,26	41,11
MBS	3	1	0,070	0,046	18,3	14,29	21,74	36,02
MBS	4	2	0,157	0,060	18,4	12,74	16,67	29,41
MBM	1	1	0,099	0,021	22,2	10,12	46,73	56,85
MBM	2	2	0,239	0,043	21,7	8,35	23,04	31,40
MBM	3	2	0,151	0,043	18,2	13,22	23,09	36,31
MBM	4	1	0,083	0,052	21,2	12,00	19,12	31,13
MBC	1	3	0,157	0,019	16,3	19,16	52,08	71,24
MBC	2	1	0,225	0,042	22,4	4,44	23,81	28,25
MBC	3	3	0,149	0,051	16,1	20,13	19,61	39,74
MBC	4	2	0,124	0,034	16,1	16,13	29,85	45,98

N = ordem de dependência de tempo;

λ = transferência de partículas do *pool* raft para o *pool* de partículas escapáveis dispersas na fase líquida do rúmen;

k = escape de partículas elegíveis do rúmen-retículo para o restante do trato gastrintestinal;

τ = tempo de trânsito (tempo equivalente à saída do marcador do orifício retículo-omasal até o primeiro aparecimento nas fezes);

$TMR1$ = tempo médio de retenção de partículas no *raft*;

$TMR2$ = tempo médio de retenção de partículas na fase líquida ruminal;

$TMRR$ = tempo médio de retenção no rúmen-retículo.

Os valores de N não diferiram nos tratamentos, exceto no tratamento que utilizou como alimento o MBC, quando o valor mais frequente foi $N = 3$. Isso indica que o tempo de passagem do alimento no rúmen-retículo, associado às características intrínsecas do animal, foi mais lento em relação aos demais.

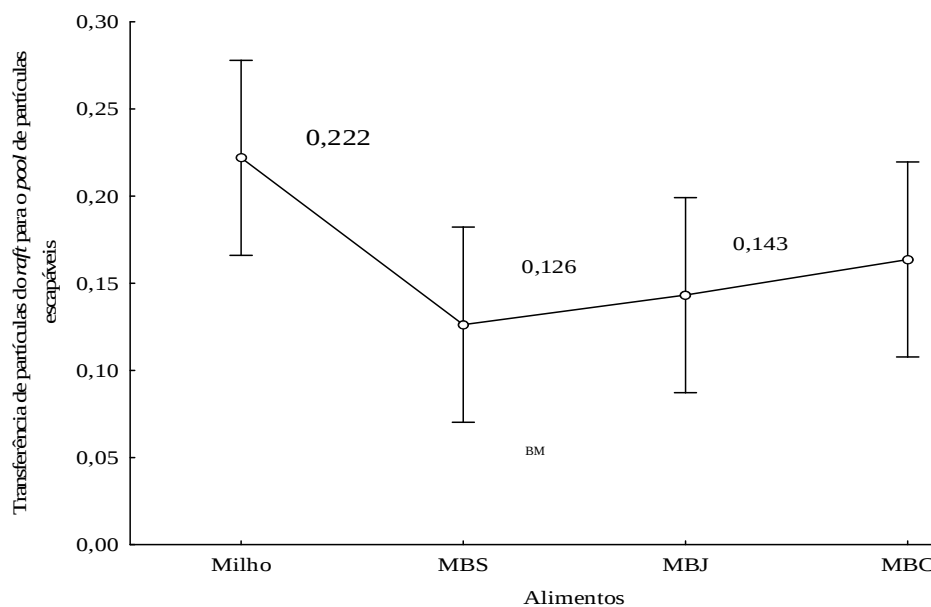
λ explica a transferência progressiva de partículas do raft para o pool de partículas escapáveis, e assume-se que esse processo possa obedecer uma distribuição gama ao longo do tempo (Vieira *et al.*, 2008). Os valores médios de λ não diferiram ($P < 0,05$). No entanto, de acordo com a Figura 1A, verificou-se uma pequena diferença numérica no tratamento silagem de milho em relação aos demais. Nesse tratamento, a taxa de transferência λ foi mais rápida se comparada aos valores de λ dos outros tratamentos.

Visto que os fatores que exercem influência na taxa de passagem relativa ao animal não foram modificados, pode-se atribuir a maior velocidade de transferência às diferenças na composição dos alimentos. A silagem de milho puro é um alimento de

melhor qualidade e, conseqüentemente, mais degradável em relação aos outros alimentos constituídos. Sendo assim, insinua-se que a silagem de milho é degradada no *raft* e suas partículas são transferidas rapidamente e quase todas ao mesmo tempo para o *pool* de partículas elegíveis ao escape ruminal.

Gráfico 1: Transferência de partículas do *raft* para o *pool* de partículas escapáveis

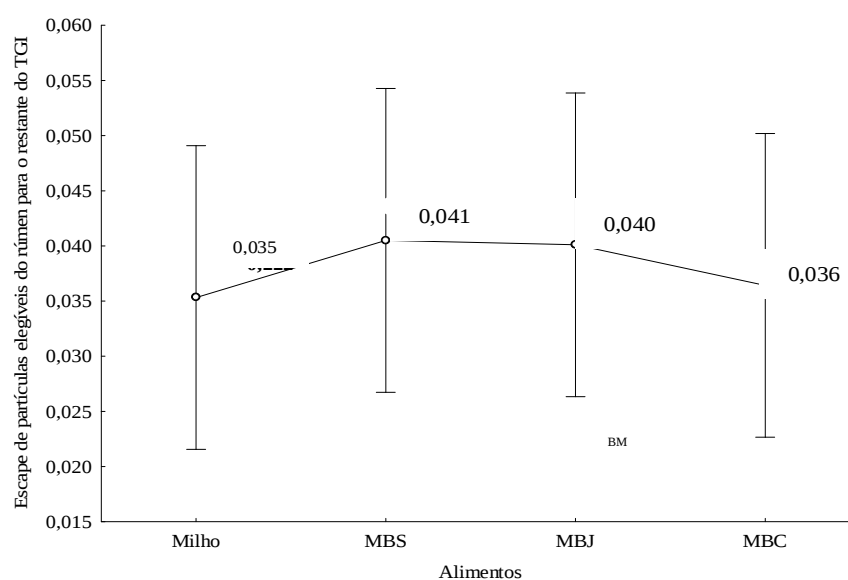
A



As partículas indigeríveis contidas no *pool* escapável serão eliminadas encontrando a taxa de escape k_e , a qual supõe-se exponencialmente distribuída ao longo do tempo (Vieira *et al.* 2008).

Gráfico 2: Escape de partículas elegíveis do rúmen para o restante do TGI

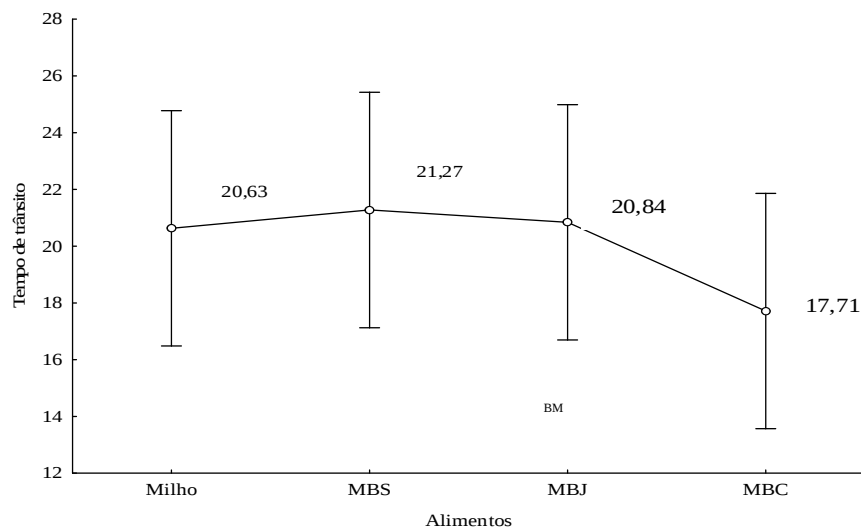
B



Os valores médios de k não diferiram estatisticamente ($P < 0,05$). No entanto, observou-se uma compensação da taxa de escape k em relação à taxa de transferência λ nos diferentes tratamentos. Sendo assim, de acordo com os resultados encontrados, supõe-se que a taxa de transferência λ possui comportamento inverso à taxa de escape k , como se pode observar nos gráficos 1 e 2.

Gráfico 3 :Tempo de trânsito do indicador de saída do orifício retículo-omasal e aparecimento nas fezes

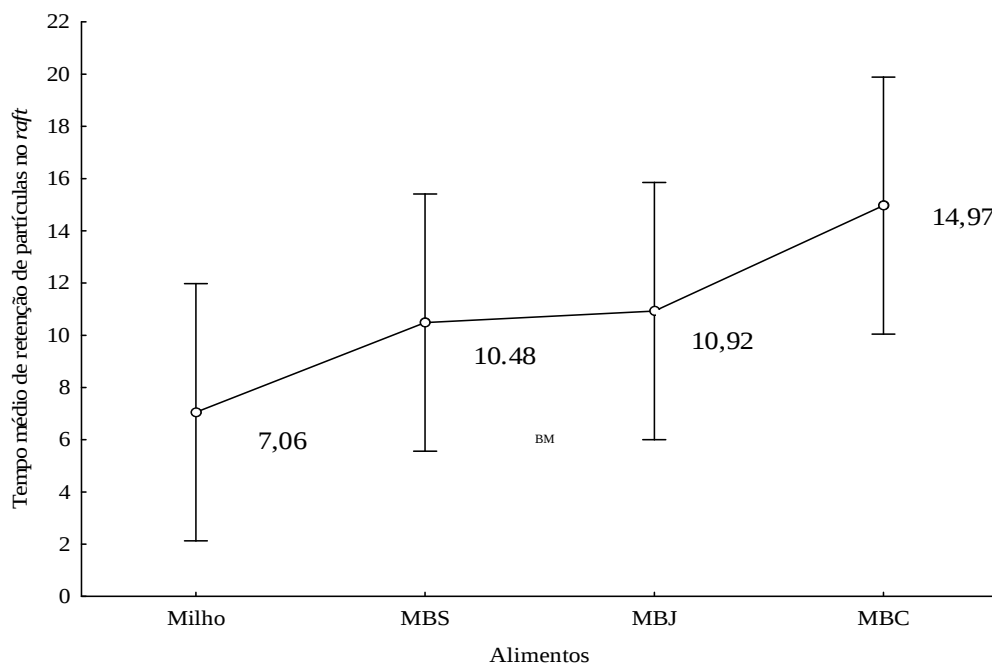
C



O tempo de trânsito T é definido como o tempo da saída do marcador do orifício retículo-omasal até o primeiro aparecimento nas fezes, expresso em horas. Os valores médios de T não diferiram estatisticamente ($P < 0,05$). Entretanto, foi observado menor T no tratamento que utilizou como alimento o MBC (Gráfico 3). Após o escape das partículas elegíveis do rúmen, não há retenção de partículas e o fluxo da digesta é contínuo e, quanto mais fibroso é o alimento, mais rápido se dá esse fluxo no trato gastrointestinal inferior.

Gráfico 4 : Tempo médio de retenção de partículas no raft

D

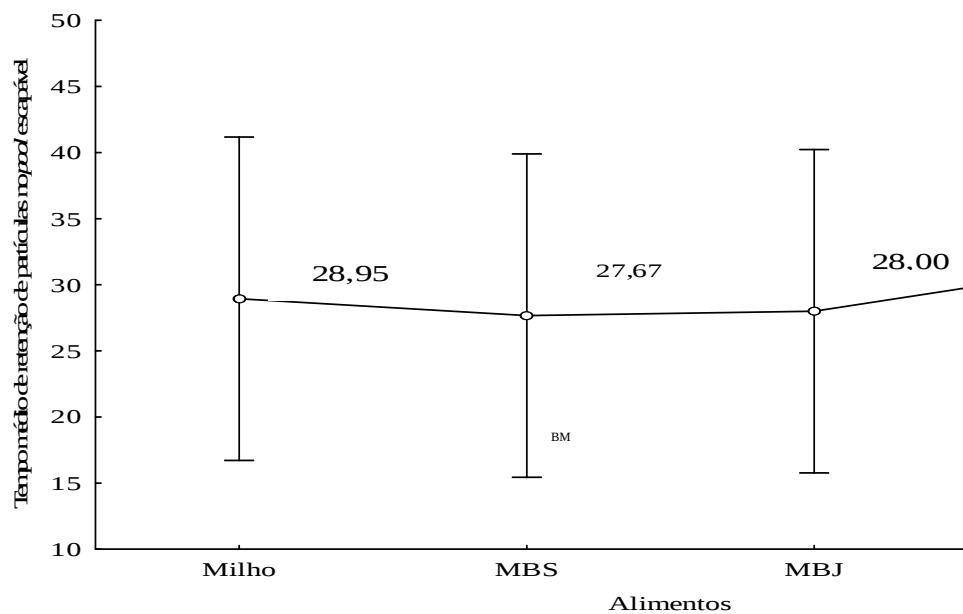


Os tempos médios de retenção no *raft* (*TMR1*) para os tratamentos não diferiram estatisticamente ($P < 0,05$). Porém, o *TMR1* da silagem de milho foi menor numericamente em relação aos demais tratamentos (Gráfico 4), principalmente em relação ao tratamento com silagem de milho, braquiária e calopogônio.

Na dinâmica de taxa de passagem, as partículas recém-ingridas caem diretamente no *raft* que é definido como o *pool* de partículas fibrosas de maior tamanho, que se encontram boiando na fase líquida do rúmen. Os fenômenos de preparo, colonização e digestão do substrato ocorrem no *raft*; assim, pode-se dizer que o menor tempo de retenção no *raft* para a silagem de milho se deve às suas características bromatológicas, ou seja, possui maior conteúdo de carboidratos solúveis em relação aos demais.

Gráfico 5 : Tempo de retenção de partículas no *pool* escapável

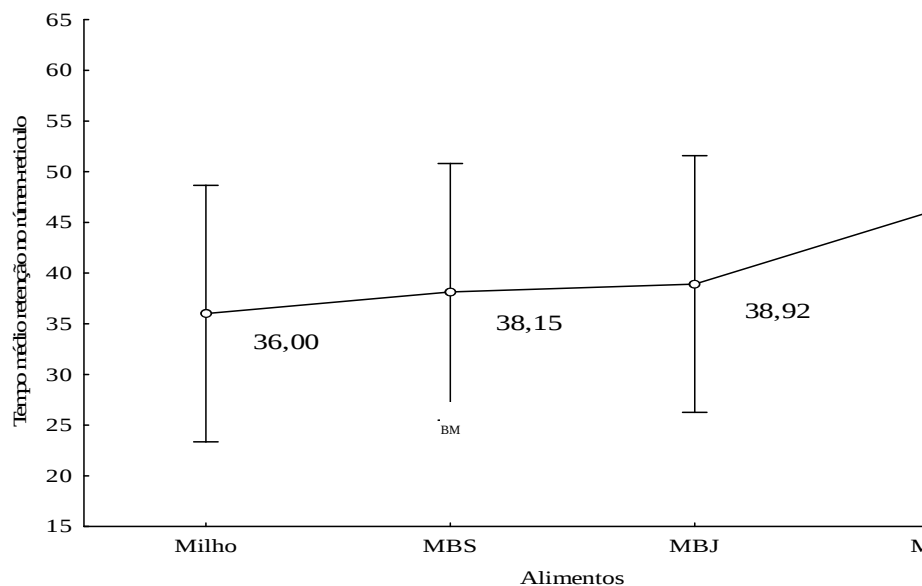
E



Os tempos médios de retenção de partículas na fase líquida ruminal (*TMR2*) para os tratamentos estudados não tiveram diferenças significativas ($P < 0,05$). Isso se deve ao fato de que as características dos alimentos, após escaparem do *raft* e chegarem ao *TMR2*, são muito equivalentes, pois já sofreram grande parte dos efeitos da degradação microbiana no *raft* (Gráfico 5).

Gráfico 6 : Tempo médio de retenção no rúmen- retículo

F



Por fim, o tempo médio de retenção no rúmen-retículo (*TMRR*), relacionado aos tratamentos em questão, não diferiu estatisticamente ($P < 0,05$). Observaram-se pequenas diferenças numéricas entre os *TMRR* nos diferentes alimentos (Gráfico 6). Os valores médios do *TMRR* obtidos para a silagem de milho foram menores em relação aos demais tratamentos, principalmente se comparados com os do tratamento que utilizou MBC.

Esses resultados podem ser explicados levando-se em consideração as características bromatológicas dos alimentos utilizados nos diferentes tratamentos, quando a silagem de milho, por possuir maior quantidade de componentes solúveis, é degradada mais rapidamente no rúmen-retículo e, conseqüentemente, o seu tempo de retenção nesse compartimento de fermentação é menor em relação aos demais tratamentos contidos no presente estudo.

3.5 CONCLUSÃO

As fibras das silagens de milho – capim-braquiária, milho – capim-braquiária e calopogônio, milho – capim-braquiária e java, milho – capim-braquiária e estilosantes tiveram taxas de λ , k , TMR1, TMR2, TMRR, semelhantes. Portanto, a cinética das partículas das silagens dos consórcios é semelhante. Assim, a tomada de decisão pelo tipo de consórcio utilizado deve ser baseada em outros fatores, como facilidade do manejo e economia da silagem.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AFRC – AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL. Energy and Protein Requirements of Ruminants. CAB International, Walingford, 1993, 159p.

AFRC – AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL. The nutrition of goats. Nutrition Abstracts and Reviews (Series B), v.67, n.11, p.765-830, 1997.

AKAIKE, H. A New Look at the Statistical Model Identification. IEEE Transactions on Automatic Control 19, 716-723, 1974.

BARIONI, L. G.; VELOSO, R. F.; MARTHA JUNIOR, G. B. Modelos matemáticos aplicados a sistemas de produção animal em pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM, 2002, Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV, Departamento de Zootecnia, p. 235-278. 2002.

BEATON, A. E.; TUKEY, J. W. The fitting of power series, meaning polynomials, illustrated on bandspectroscopic data. **Technometrics**. v. 16(2), p. 147-185, 1974.

BURNHAM, K. P.; ANDERSON, D. R. Multimodel Inference: Understanding AIC and BIC in Model Selection. Sociological Methods & Research 33, 261-304, 2004.

CHECKLAND, P. **Systems thinking, systems practice**. Chinchester: John Wiley & Sons, 1989. 330p.

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 2.ed. Viçosa: UFV, 1997. 390p

ELLIS, W. C., AND J. H. MATIS. A role for rumen microbial protein synthesis in regulating ruminal turnover. **Journal of Animal Science**. 79 (Suppl. 1):104 (Abstr.), 2001.

HUHTANEN, P.; KUKKONEN, U. Comparison of methods, markers, sampling sites and models for estimating digesta passage kinetics in cattle fed at two levels of intake. **Anim. Feed Sci. Technol**. 52, 141–158, 1995.

LEÃO, M.I.; COELHO DA SILVA, J.F.; CARNEIRO, L.N.D.M.. Implantação de fístula ruminal e cânula duodenal reentrante em carneiros para estudos de digestão. **Revista Ceres**,v. 25, p.42-54. 1978.

LEONEL, F.P.; SOUSA, D.P.; BRUNETTO, G. Integração Lavoura Pecuária: produção e qualidade de forragens. In: LEONEL; F.P.; LIMA, I.B.; CARNEIRO, A.V. et al. (Ed.) Produção Sustentável de Bovinos de Leite. São João del Rei: Editora UFSJ, 2009. p.23-38.

LEONEL, F.P.; PEREIRA, J.C.; COSTA, M.G. et al. Comportamento produtivo e características nutricionais do capim-braquiária cultivado em consórcio com milho. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.1, p.177-189, 2009.

MATIS, J.H., WEHRLY, T.E., ELLIS, W.C., 1989. Some generalized stochastic

compartment models for digesta flow. **Biometrics** 45, 703-720.

NOCEK, J.E. *In situ* and other methods to estimate ruminal protein and energy digestibility. A review. **Journal of Dairy Science** v.71, n.8, p.2051-2069, 1997.

NRC - National Research Council, 1996, Nutrients Requirements of Beef Cattle. Seventh Revised Ed., **National Academy Press**, EUA, 242pp.

NRC – NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*. 7th Edition, **National Academy Press**, Washington, 2001, 381p.

ORSKOV, E.R.; McDONALD, I. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. **Journal of Agriculture Science**, v.92, n.2, p.499-503, 1979

QUIROZ, R.A., POND, K.R., TOLLEY, E.A., JOHNSON, W.L., 1988. Selection among nonlinear models for rate of passage studies in ruminants. *J. Anim. Sci.* 66, 2977–2986.

ROTHEMBERG, J. The nature of modelling. In: WIDMAN, L.E.; LOPARO, K.O.; NIELSEN, N.R. (Eds.) *Artificial Intelligence, Simulation and modeling* New York: Jonh Wiley and Sons, 1989. p.75-92.

SEVERINO, F.J.; CARVALHO, S.J.P. e CHRISTOFFOLETI, P.J. Interferências mútuas entre a cultura do milho, espécies forrageiras e plantas daninhas em um sistema de consórcio. I –implicações sobre a cultura do milho (*Zea mays*). **Planta Daninha**, v. 23, n. 4, p. 589-596, 2005.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de Alimentos (Métodos químicos e biológicos)**. 3. ed. Viçosa: Editora UFV – Universidade Federal de Viçosa, 2002. 235 p.

SOARES, C. S.; SILVA, L. C.; de GOUVEIA, J. P .G.; BRUNO, R. de L. A. **Revista Oleaginosas e Fibras**, Campina Grande, v.5 , n.3 , p.397-404, 2001.

STATISTICA . Stat Soft is the creator of statistica, the most comprehensive suite of data mining and statistical analysis software. Disponível em: <http://www.statsoft.com/#> Acesso em: 1/02/2011.

UDÉN, P.; COLUCCI, P.E.; Van SOEST, P. J. Investigation of chromium, cerium and cobalt as markers in digesta. Rate of passage studies. **Journal Science Food Agricultural**, v.31, n.7, p.625-632, 1980.

VIEIRA, R. A. M.; PEREIRA, J. C.; MALAFAIA, P. A. M. Simulação da dinâmica de nutrientes no trato gastrintestinal: aplicação e validação de um modelo matemático para bovinos a pasto. **Rev. Bras. Zoot.** v.29, n.3, p.898-909, 2000c.

VIEIRA, R. A. M.; TEDESCHI, L. O.; CANNAS, A. A generalized compartmental model to estimate the fibre mass in the ruminoreticulum: 2. Integrating digestion and passage. **Journal Theoretical Biology**, v. 255, p. 357-368, 2008.

WILLIAMS, C.H.; DAVID, D.J.; IISMAA, D. The determination of chromic oxide in faeces samples by atomic absorption spectrophotometry. **Journal Science Food Agricultural**, v.59, n.2, p.381-385, 1962

4CONCLUSÃO GERAL

As fibras das silagens de milho – capim-braquiária, milho – capim-braquiária e calopogônio, milho – capim-braquiária e java, milho – capim-braquiária e estilosantes tiveram taxas de λ , k , TMR1,TMR2,TMRR, semelhantes. Portanto, a cinética das partículas das silagens dos consórcios é semelhante. Assim, a tomada de decisão pelo tipo de consórcio utilizado deve ser baseada em outros fatores, como facilidade do manejo e economia da silagem.