UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES DO
JEQUITINHONHA E MUCURI

GRACIELE ARAÚJO DE OLIVEIRA

CINÉTICA DE TRÂNSITO E DE DEGRADAÇÃO RUMINAL DA FIBRA DE SILAGENS DO RESÍDUO DA CULTURA DE ABACAXI EM BOVINOS

DIAMANTINA-MG
2011

GRACIELE ARAÚJO DE OLIVEIRA

CINÉTICA DE TRÂNSITO E DE DEGRADAÇÃO RUMINAL DA FIBRA DE SILAGENS DO RESÍDUO DA CULTURA DE ABACAXI EM BOVINOS

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*.

Orientadora: Prof.ª Margarida Maria Nascimento Figueiredo de Oliveira

DIAMANTINA-MG
2011

Ficha Catalográfica - Serviço de Bibliotecas/UFVJM
Bibliotecário Rodrigo Martins Cruz CRB-6/2886

O48c
2011

Oliveira, Graciele Araújo
Cinética de trânsito e de degradação da fibra de silagens do resíduo da cultura do abacaxi em bovinos / Graciele Araújo de Oliveira. – Diamantina: UFVJM, 2011.
39f.
Dissertação (Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação Stricto Sensu em Produção Animal)-Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri.

Orientadora: Prof.ª Margarida Maria Nascimento Figueiredo de Oliveira

1. Silagem de abacaxi. 2. Compactação. 3. Tempo médio de retenção ruminal. 4. Repleção ruminal. I. Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri. Faculdade Ciências Agrárias. II. Título.

CDD 636.2085

GRACIELE ARAÚJO DE OLIVEIRA

CINÉTICA DE TRÂNSITO E DE DEGRADAÇÃO RUMINAL DA FIBRA DE SILAGENS DE RESÍDUOS DA CULTURA DE ABACAXI EM BOVINOS

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 28/10/2011

Profª. Margarida Maria Nascimento Figueiredo de Oliveira – UFVJM
Orientadora

Prof. Severino Delmar Junqueira Villela – UFVJM
Co-Orientador

Prof. Fernando de Paula Leonel – UFSJ
Co-Orientador

DIAMANTINA – MG
2011

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, Elto e Jeovana, pelo amor,
compreensão e exemplo de vida;
Aos Professores;
A todos os meus amigos.

BIOGRAFIA

GRACIELE ARAÚJO DE OLIVEIRA, filha de Elto Martins de Oliveira e Jeovana Araújo de Oliveira, nasceu no dia 8 de fevereiro de 1985, em Paracatu-MG.

Em julho de 2009, concluiu o Curso de Graduação em Zootecnia pela Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM).

Em Agosto de 2009, foi admitida no Curso de Pós-Graduação, em nível de Mestrado, na área de Nutrição e Produção de Ruminantes, pela Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri.

Em 28 de outubro de 2011, submeteu-se aos exames finais de defesa de Dissertação para obtenção do título de Mestre em Zootecnia.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

REVISÃO DE LITERATURA

FIGURA 1 - Representação esquemática dos processos que envolvem o *pool* heterogêneo no rúmen-retículo.....18

ARTIGO CIENTÍFICO

FIGURA 1 - Curvas de regressão e suas respectivas equações em virtude das diferentes compactações para as seguintes variáveis analisadas: tempo médio de retenção no rúmen-retículo (MRT), repleção ruminal (RR), digestibilidade verdadeira (EDF) e taxa de digestão (c) 35

LISTA DE TABELAS

REVISÃO DE LITERATURA

1- Produção Nacional de Abacaxi em 2010.....13

ARTIGO CIENTÍFICO

1- Composição bromatológica das silagens sob diferentes pressões de compactação.....33

2- Valores obtidos por meio de análise de estrutura de variância-covariância para as variáveis: fração potencialmente digestível da fibra padronizada (Bn) e fração indigestível da fibra padronizada (Un) 34

RESUMO

OLIVEIRA, Graciele Araújo de. Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Outubro de 2011, 39p. **Cinética de trânsito e de degradação ruminal da fibra de silagens do resíduo da cultura de abacaxi em bovinos**. Orientadora: Margarida Maria Nascimento Figueiredo de Oliveira. Co-orientador: Severino Delmar Junqueira Villela. Dissertação (Mestrado em Zootecnia)

O estudo foi conduzido com o objetivo de determinar os parâmetros cinéticos de degradabilidade *in situ* da matéria seca (MS) e da fibra em detergente neutro (FDN) e de passagem de materiais oriundos da silagem do resíduo da cultura do abacaxi (partes aéreas). Foram utilizados quatro tratamentos: 1- silagem do resíduo da cultura do abacaxi sob compactação de 600 Kg/m³, 2- silagem do resíduo da cultura do abacaxi sob compactação de 700 Kg/m³, 3- silagem do resíduo da cultura do abacaxi sob compactação de 900 Kg/m³, 4- silagem do resíduo da cultura do abacaxi sob compactação de 1000 Kg/m³. Após a ensilagem do material oriundo da plantação, avaliaram-se a cinética de trânsito de partículas e cinética de degradação ruminal. Para a cinética de trânsito de partículas foi utilizado como indicador o cromo para marcar a fibra. As taxas de passagem foram determinadas por meio da recuperação dos indicadores nas fezes do animal. No ensaio de degradação foram incubadas as amostras em bolsas de náilon nos tempos 0, 6, 18, 48 e 96 horas. O comportamento apresentado nas curvas de regressão das variáveis analisadas descreve uma alta correlação entre elas, ou seja, o tempo em que a silagem fica retida no rúmen exerce influência na sua digestibilidade e na sua taxa de degradação. De fato, quanto maior o tempo em que um alimento estiver no rúmen, mais ações digestivas ele sofrerá e por consequência vai ser mais digerido. Embora a silagem sob pressão de compactação de 900Kg/m³ apresente uma maior fração potencialmente digestível, recomenda-se o uso da silagem sob pressão de compactação de aproximadamente 750Kg/m³, devido ao menor custo e por apresentar menor tempo médio de retenção rúmen retículo e repleção ruminal, aumentando assim a dinâmica ruminal de degradação e passagem.

Palavras-chave: Silagem de abacaxi, Compactação, Tempo médio de retenção ruminal, Repleção ruminal.

ABSTRACT

OLIVEIRA, Graciele Araujo de. Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, October, 2011. 39p. **Kinetics of transit and ruminal degradation of fiber of silages of the residue pineapple crop in cattle.** Adviser: Margarida Maria Nascimento Figueiredo de Oliveira. Committee members: Severino Delmar Junqueira Villela. Dissertation (Master's degree in Animal Science)

The study was conducted to determine the kinetic parameters of in situ dry matter (DM) and neutral detergent fiber (NDF) and the movement of materials from the waste silage of pineapple crop (aerial parts). It was used four treatments: 1- crop residue silage pineapple under compression of 600 kg/m³, 2- silage crop residue pineapple under compression of 700 kg/m³, 3- silage crop residue pineapple under compression 900 kg/m³, 4- silage crop residue pineapple under compression of 1000 kg/m³. After ensiling the material from the plantation, it was evaluated the kinetics of passage of particles and kinetics of ruminal degradation. For the kinetics of passage of particles was used as an indicator to mark the chromium fiber. Leakage rates were determined by means of the indicators of recovery in the feces of the animal. In the degradation assay samples were incubated in nylon bags at 0, 6, 18, 48 and 96 hours. The behavior presented in the regression curves of the variables describing a high correlation between them, in other words, the time when the silage is retained in the rumen influence on its digestibility and its rate of degradation. In fact, the longer that a food is in the rumen, he will suffer more digestive actions and therefore will be more digestible. Although silage compression pressure 900kg/m³ present a higher potentially digestible fraction, we recommend the use of silage compaction pressure of about 750kg/m³, due to lower cost and have lower average retention rumen and reticulum ruminal fill, thus increasing the dynamic ruminal degradation and passage.

Keywords: Pineapple silage, Compaction, Ruminal mean retention time, Ruminal fill.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....10

2 REVISÃO DE LITERATURA.....12

2.1 Produção brasileira de abacaxi.....12

2.2 Cinética de degradação ruminal.....13

2.3 Cinética de trânsito de partículas.....15

2.4 Dinâmica da matéria fibrosa no rúmen.....17

ARTIGO 1.....25

1 INTRODUÇÃO.....27

2 MATERIAL E MÉTODOS.....28

2.1 Parâmetros da cinética de trânsito de partículas.....29

2.2 Parâmetros da cinética de degradação da cinética ruminal..... 30

2.3 Modelos utilizados na predição dos parâmetros relacionados à cinética de taxa de passagem e degradabilidade.....31

2.4 Variáveis analisadas.....32

2.5 Métodos estatísticos.....33

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....34

4 CONCLUSÃO.....37

5 ... REFERÊNCIAS.....37

1. INTRODUÇÃO

O rebanho bovino brasileiro é o maior rebanho comercial do mundo, superando o indiano e o chinês. Os sistemas de criação, normalmente extensivos em regime de pastagens, sujeitam os animais à escassez periódica de forragem, comprometendo seu desenvolvimento e sua eficiência reprodutiva, e concentrando a oferta de carne e leite em determinada época do ano. Esses problemas culminam na subutilização dos recursos disponíveis, resultando em baixa produtividade, sazonalidade de produção e, consequentemente, baixa disponibilidade de proteínas de origem animal para o consumo humano.

Os fatores climáticos, representados pela época de cultivo e colheita das forrageiras, geram períodos de safra e entressafra. No período de entressafra seu custo apresenta-se elevado, consequentemente prejudicial ao produtor. Em virtude desses fatores, existe a necessidade do uso de novos alimentos, considerados como alternativos, que apresentem qualidade e quantidade que possam torná-los substitutos para os tradicionalmente usados na alimentação dos ruminantes.

O conhecimento da composição química e da digestibilidade dos alimentos é fundamental para a formulação de dietas balanceadas que possibilitem aos animais expressarem o máximo do seu potencial produtivo.

A capacidade dos alimentos em fornecer nutrientes aos animais é uma característica intrínseca e depende da extensão de degradação e da taxa de passagem ao longo do trato gastrintestinal, o que determina, por um lado, a qualidade do substrato, que pode ser absorvido como consequência da digestão, e, por outro, condiciona a quantidade de alimento que pode ser consumida pelo animal.

A fermentação no rúmen modifica o aspecto físico-químico do alimento, que torna complexo o estudo dos mecanismos de digestão dos seus componentes bromatológicos (nutrientes), fazendo com que os avanços nutricionais sejam mais lentamente apresentados.

No Brasil, o pasto é a base da alimentação dos animais ruminantes e, em geral, é caracterizado pelo alto teor de fibra, estrutura de grande importância, pois seus componentes estão relacionados à digestibilidade, fermentação ruminal e ao valor energético do alimento, fatores estes diretamente relacionados à produtividade animal. A fração fibra em detergente neutro (FDN) é o principal substrato energético para os animais que consomem dietas à base de volumoso, subdividida numa fração indigestível e noutra potencialmente digestível.

A estacionalidade na produção de forragens verificada em determinadas épocas do ano tem sido responsável, entre outros fatores, pela reduzida produtividade dos rebanhos. Uma

forma de contornar esse problema é a adoção da prática do confinamento, ou o uso de alimentos suplementares. Os alimentos representam aproximadamente 50% do custo total do confinamento, sendo que a fração de alimentos concentrados é a mais onerosa e representa cerca de dois terços desse valor.

Entre as alternativas para redução dos custos com alimentação nos confinamentos destaca-se a utilização de coprodutos da agricultura ou de agroindústrias, em substituição às forragens e aos grãos comumente usados (farelo de soja, farelo de algodão, farelo de trigo, milho, etc.).

Os resíduos de culturas podem assumir grande importância na alimentação de ruminantes, principalmente nas situações em que a disponibilidade natural de forragens nas pastagens for baixa; quando as reservas de forragens conservadas forem insuficientes e não venham a atender as exigências dos rebanhos; na formulação de misturas múltiplas para animais submetidos a métodos de pastejo, ou ainda, quando o valor nutritivo e o custo do resíduo permitir sua inclusão na formulação de rações concentradas, que venham substituir os alimentos nobres utilizados.

Nosso país ocupa lugar de destaque mundial na produção de abacaxi. Sendo assim, as diferentes formas de uso desse fruto na alimentação humana geram grande quantidade de resíduo que, muitas vezes, por falta de informações, acaba sendo inutilizado, desperdiçando um produto com possibilidade de uso na alimentação de ruminantes, além de contribuir para a redução da poluição ambiental.

Há cerca de 30 anos alguns pecuaristas vêm utilizando silagem de abacaxi de forma empírica em regiões produtoras, inclusive comercializando esse produto. A vantagem encontrada é que o preço do produto costuma ser 25% inferior à silagem de milho ou sorgo e, com seu elevado poder de fermentação, a silagem de abacaxi pode ser aberta poucos dias após o fechamento, enquanto a silagem de milho leva cerca de 40 dias para poder ser usada.

Existem inúmeros estudos a respeito do uso do resíduo da produção industrial do abacaxi na alimentação de ruminantes, porém são escassos os estudos a respeito do resíduo da cultura, o que leva à necessidade de intensificar pesquisas nessa área.

Diante do exposto, objetivou-se determinar os aspectos bromatológicos e os parâmetros da cinética de trânsito e de degradabilidade *in situ* da matéria seca (MS) e da fibra em detergente neutro (FDN) de materiais oriundos do resíduo da cultura do abacaxi, em diferentes densidades de armazenamento, buscando, assim, identificar a pressão de compactação adequada a ser aplicada e verificar se as silagens diferem entre si no aspecto nutricional.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Produção brasileira de abacaxi

O abacaxi (*Ananas comosus* (L.) Merril) pertence à família *Bromeliaceae,* sendo originário da América do Sul, provavelmente das regiões Sul e Sudeste do Brasil, Argentina e Uruguai (MELO *et al*., 2004). Trata-se de planta semiperene cujo ciclo produtivo pode variar de 11 a 24 meses, pois, além das condições climáticas, depende da época de plantio, do tipo e do peso das mudas utilizadas, e também das práticas culturais adotadas, e se compõe, basicamente de duas fases, uma de formação ou improdutiva e outra, de produção principal, com apenas um fruto por planta. Tailândia, Brasil e Filipinas são os principais produtores, concentrando 40% da produção mundial. É uma planta de clima tropical, que apresenta crescimento adequado em grande parte das condições climáticas encontradas no Brasil, sobretudo na Bahia. No entanto necessita de chuvas bem distribuídas para não prejudicar seu crescimento e/ou desenvolvimento e, conseqüentemente, a produção. (PONCIANO *et al*., 2006).

No Brasil o abacaxi é produzido em quase todas as regiões e em quase todos os estados da federação. Seu valor de produção e a área colhida variam muito dentro do país. Pelo fato de a maior parte do consumo desse fruto se dar de forma in natura, a variação dos preços dos frutos de abacaxi é importante tanto para os consumidores quanto para os produtores (CUNHA *et al*., 1999).

A extensão do país e sua inserção, em grande parte, nas zonas de clima tropical e temperado possibilitaram o cultivo de diferentes variedades de frutíferas nativas e exóticas. Algumas frutas tropicais têm se destacado devido ao uso de tecnologia como o abacaxi, a manga, o abacate, o mamão, a banana, os citros, a goiaba, a melancia, o melão, o maracujá, a acerola e o caju-anão precoce (OLIVEIRA, 2001).

Nosso país ocupa o segundo lugar na produção mundial de abacaxi, com área colhida de 55,5 mil/ha. Em 2010, a produção total foi de 1.470.995 frutos. A região Sudeste destaca-se por ser a segunda maior produtora de abacaxi no país com produção média de 419,3 mil frutos em 15,7mil/ha. O estado de Minas Gerais representa 53% dessa produção (IBGE, 2011).

A Tabela 1 apresenta a Produção nacional de abacaxi em 2010, segundo os maiores estados produtores de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

Tabela 1 – Produção Nacional de Abacaxi em 2010

Estados	Área colhida (ha)	Produção (mil frutos)	Rendimento (Frutos/ ha)
Paraíba	8.918	263.000	29.491
Minas Gerais	8.707	255.756	29.374
Pará	9.978	241.098	24.163
Bahia	4.885	121.127	24.796
Rio Grande do Norte	3.763	120.337	31.979
Outros	23.925	469.677	19.631
TOTAL	60.176	1.470.995	24.445

Fonte: IBGE – Produção Agrícola Municipal (2010)

No Vale do Jequitinhonha, a produção de abacaxi estende-se por todo o território, e em algumas regiões funciona como ferramenta de alternativa econômica. No município de Maria Nunes – MG existe a Cooperativa de Mulheres de Maria Nunes, as quais produzem polpa de abacaxi para a região, aumentando assim a renda familiar.

2.2 Cinética de degradação ruminal

A possibilidade de estudar a degradabilidade ruminal dos alimentos por meio de uso de sacos de náilon incubados no rúmen não é recente (ORSKOV & McDONALD, 1979). A cinética de degradação da forragem tem sido estimada utilizando-se a técnica *in situ* com sacos de dracon (náilon) incubados em bovinos fistulados no rúmen (ORSKOV *et al*., 1980), que permite avaliar vários alimentos ao mesmo tempo, além do baixo custo e rapidez, quando comparada ao método *in vivo*. No entanto, em razão do contato dos microorganismos do rúmen com o alimento, pode ocorrer contaminação por proteína de origem microbiana dentro dos sacos de nylon utilizados, podendo resultar em subestimação da degradabilidade ruminal da proteína bruta dos alimentos. Alimentos volumosos e com baixos teores de proteína bruta são mais susceptíveis a serem subestimados, uma vez que a proporção de proteína de origem

microbiana será maior quanto menor for o teor de proteína bruta do alimento (NOCEK, 1988).

Entender como ocorre a degradação dos alimentos no ambiente ruminal é de extrema importância em estudos de avaliação de alimentos para ruminantes. Alguns países disponibilizam tabelas com parâmetros de degradação ruminal de vários alimentos, o que facilita seu uso na alimentação animal. No Brasil, alguns trabalhos estão voltados para o desenvolvimento desses parâmetros, pois devido às condições edafoclimáticas das diferentes regiões, principalmente no uso de forrageiras, muitas informações não estão disponíveis (FRANCO e SARMENTO, 2010).

As informações referentes ao perfil de degradação ruminal dos alimentos que compõem as rações dos ruminantes são de elevada importância para que as respostas econômicas resultantes de modificações biológicas sejam elucidadas (SNIFFEN *et al*., 1992).

As curvas de desaparecimento de cada fração dos alimentos retratam a cinética de degradação ruminal. Dessa maneira, a descrição da taxa e da extensão da digestão é importante para explicar as relações existentes entre a ingestão, a digestão e o desempenho de ruminantes (MERTENS, 1977).

Os tempos de incubação em termos de intervalos e frequência, requeridos para o estudo de degradação, dependerão do tipo de alimento e da fração a ser avaliada. Quando o alimento incubado no rúmen é um volumoso, a degradação não se inicia instantaneamente, sendo denominado tempo de colonização o período no qual não ocorre digestão ou acontece de forma muito reduzida (BERCHIELLI *et al*., 2006).

Segundo Casali (2008), o tempo de incubação é uma das variáveis de maior influência sobre a representatividade dos resíduos indigestíveis em procedimentos de incubação *in situ.* Lusk *et al*. (1962), citados por Huhtanen e Kukkonen (1995), avaliaram a degradabilidade de forragens e explicaram que, quando o objetivo for analisar a degradação da proteína e frações rapidamente fermentáveis (amido), os tempos de incubação podem ser de 0, 2, 4, 8, 16, 24 e 48 horas. No caso da degradação de forragens os tempos seriam de 0, 4, 8, 16, 24, 48, 72 e 96 horas. No entanto, essa variável pode ser alterada conforme o objetivo do estudo. Sampaio (1994) sugere para o estudo da degradação de forrageiras o intervalo de 6 a 96 horas e relata que três ou quatro tempos de incubação estimariam a equação de degradabilidade com a mesma eficiência que sete ou mais tempos.

Maior número de tempos de incubação nesse intervalo, além de aumentar o trabalho experimental, poderia interferir no processo digestivo devido às constantes retiradas dos sacos do rúmen, o que certamente ocasionaria elevação do erro experimental e estresse animal.

A repleção ruminal expressa o tempo de permanência do alimento no rúmen, sofrendo os efeitos físicos de passagem decorrentes da mastigação durante a ruminação e da digestão pelos microorganismos do rúmen. Em vista disso, a repleção é considerada uma importante medida mecanicista utilizada para avaliar o efeito da fibra e suas frações sobre a retenção da digesta no rúmen (VAN SOEST, 1994).

2.3 Cinética de Trânsito

A cinética de trânsito ou passagem refere-se ao fluxo de resíduos não digeridos do alimento ao longo do trato digestório e é influenciada pelo nível de consumo, forma física da dieta, diferenças na ruminação existente entre animais, tipo de marcador utilizado na determinação da curva de excreção fecal (MERTENS & ELY, 1982), proporção volumoso/concentrado e fatores climáticos (FAICHNEY, 1993).

Segundo Detmann *et al* (2001), a estimação da cinética de trânsito de partículas em ruminantes tem sido realizada, normalmente, por intermédio do emprego de indicadores complexados com a fração fibrosa do alimento, em procedimento de dose única, com amostragens fecais subsequentes em intervalos de tempo pré-definidos, visando a caracterização da curva de excreção desse indicador, a qual é submetida ao ajuste de modelos não lineares por processos iterativos.

Os indicadores são substâncias indigestíveis, normalmente de fácil determinação, podendo ser administradas com o alimento ou diretamente em algum segmento do aparelho digestório, sendo posteriormente identificados e quantificados nas fezes ou ao final do segmento em estudo (WARNER, 1981). Logo, indicador é o termo utilizado para denominar materiais usados na estimativa qualitativa ou quantitativa de fenômenos fisiológicos ou nutricionais relacionados à digestão. Um indicador, portanto, é um composto usado como monitor químico (hidrólise e síntese) e físico (fluxo) de aspectos de digestão e/ou metabólitos (OWENS & HANSON, 1992).

Indicadores possuem grande aplicação nos estudos das taxas de passagem de líquidos e sólidos, consumo voluntário, produção fecal e digestibilidade de alimentos em animais em pastejo ou confinados (CURRAN *et al*., 1976; OLUBAJO & OYUNUGA, 1970, AROEIRA, 1997, MOORE & SOLLENBERGER, 1997; SALIBA, 1998).

De acordo com Grace & Body (1981); Mayes *et al.* (1986); Owens & Hanson (1992); Huhtanen *et al*. (1995) e Saliba (1998), um indicador ideal deve possuir algumas propriedades fundamentais, sendo as principais: não ser tóxico, não ter função fisiológica, não ser

metabolizado, ser completamente recuperável a partir do aparelho digestório e não ter influência sobre motilidade e secreções intestinais.

Recentemente, o cromo tem sido utilizado na forma de dicromato ligado à parede celular, complexo determinado de cromo mordente (UDÉN *et al*., 1980; VAN SOEST, 1994). A técnica de utilização conhecida como dose pulso é amplamente empregada em estudos de cinética de trânsito e consiste na aplicação de uma única dose e subsequente amostragem fecal em tempos definidos. Isso possibilita caracterizar a curva de excreção do indicador nas fezes (BURNS *et al*., 1994) e, posteriormente, o ajuste por meio de modelos matemáticos não lineares. Ruiz *et al*. (1991), em estudo com avaliação do cromo mordente, relatam que o indicador estimou, com 96% de confiabilidade, os resultados referentes à ingestão de matéria seca.

A técnica de Williams *et al*. (1962), para determinação de cromo nas fezes, envolve diversas etapas de extrações químicas, implicando gasto de tempo e reagentes e aumento no erro analítico, conforme relatado por Oliveira Jr. *et al*. (2004). Savastano (1993) descreve que uma marcha analítica para digestão nitroperclórica de cromo ou do dicromato oferece certos problemas analíticos. Por colorimetria, a própria técnica admite a necessidade de manter a mesma concentração molar de ácido sulfúrico para não alterar a absorbância da amostra, aumentando o grau de dificuldade e reduzindo a repetição dos resultados.

Segundo Savastano (1993), a técnica de absorção atômica, aparentemente mais confiável, pode dar resultados diferentes conforme o preparo da amostra e a chama utilizada (redutora ou oxidante).

A taxa de remoção da digesta ruminal afeta a extensão da degradação proteica (ORSKOV & MCDONALD, 1979), a digestão da parede celular e, consequentemente, a digestibilidade *in vivo* da dieta (ALLEN & MERTENS, 1988; VAN SOEST, 1994) e a eficiência de síntese de proteína microbiana (SNIFFEN & ROBINSON, 1987). Logo, digestão e passagem atuam de forma simultânea e competitiva para a remoção da digesta presente no rúmen, devendo-se, então, estudar os efeitos combinados de digestão e taxa de passagem para maximizar o consumo de nutrientes digestíveis (AITCHISON *et al*., 1986).

O valor nutritivo do pasto selecionado pelos ruminantes é influenciado pela taxa em que é degradado no rúmen e pela taxa de remoção dos resíduos indigeríveis do rúmen-retículo (FAICHNEY, 1986). Quando os animais são alimentados com forragens de baixo valor nutritivo, verifica-se uma menor taxa de passagem das partículas do rúmen, o que acarreta a redução no consumo de matéria seca (VAN SOEST, 1994). Inversamente à taxa de passagem, o tempo médio de retenção das partículas e fluidos da digesta no trato gastrintestinal é

geralmente relacionado à capacidade do trato digestório com relação ao consumo e à digestibilidade da dieta ingerida (LECHNER-DOLL *et al*., 1991).

Assim, o sistema de digestão dos alimentos pelos ruminantes é um complexo processo que envolve interações entre dieta, população microbiana e animal. Mertens & Ely (1982) descreveram que a taxa de passagem dos alimentos ao longo do trato digestivo é influenciada pelos níveis de consumo e pela forma física da dieta. Os principais fatores determinantes da taxa de passagem são o tamanho e a gravidade especifica das partículas (HRISTOV *et al*., 2003; OSHITA *et al*., 2004; ELLIS *et al*., 2005), pois definem o tempo no qual as partículas do alimento permanecem no rúmen-retículo, bem como a distribuição pelas diferentes regiões desses compartimentos.

Se a taxa de passagem é um fator limitante no desaparecimento de material no rúmen, o entrelaçamento de partículas que constituem o *raft* pode também assumir papel importante nesse processo (ULYATT *et al*., 1986). Segundo Sutherland (1988), essa malha filtrante funcionaria como uma espécie de peneira que selecionaria partículas em movimento no rúmen e sua formação depende da relação tamanho/densidade das partículas que constituem a digesta e, consequentemente, do tempo após a alimentação e do tipo de forragem ingerida. Além disso, a presença do *raft* é também uma necessidade para a manutenção das funções normais do rúmen, por meio da estimulação tátil de seu epitélio.

2.4 Dinâmica da matéria fibrosa no rúmen

Segundo Blaxter *et al*. (1956), o perfil de excreção fecal do indicador poderia ser descrito matematicamente como a soma de dois componentes exponenciais e de um tempo de retardo ou de trânsito no processo de remoção das partículas alimentares remanescentes do processo digestivo no trato gastrintestinal (TGI). De acordo com esses autores, a retenção das partículas ocorreria principalmente no rúmen e no abomaso.

O fluxo de partículas é dependente também de atributos da digesta, e não apenas função da retenção em segmentos anatômicos do trato gastrintestinal (HUNGATE, 1966). Um compartimento pode existir em qualquer segmento anatômico do TGI, quando ocorre retenção e mistura das partículas recém-ingeridas com as já existentes. Baseado nesse conceito, o autor sugeriu o modelo de dois compartimentos no rúmen: o primeiro compartimento seria de ruminação com partículas grandes que não passam através do orifício retículo-omasal e, o segundo compartimento constituído por pequenas partículas dispersas na fase líquida, possibilitando o escape do rúmen (Figura 1).

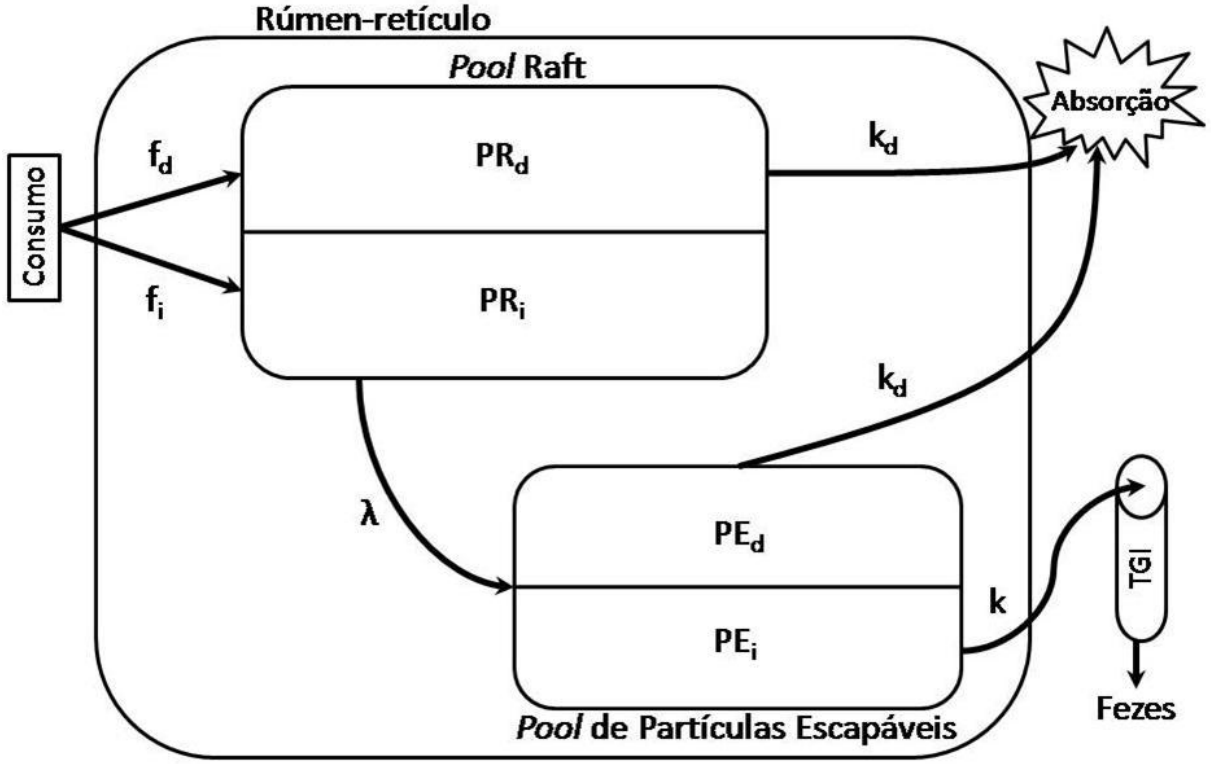


FIGURA 1- Representação esquemática dos processos que envolvem o *pool* heterogêneo no rúmen-retículo
Fonte: Vieira *et al.*, 2008.

De acordo com a Figura 1, o alimento ingerido formará o *raft* no rúmen, o qual é considerado um *pool* de partículas segregadas formado por moléculas recém-ingeridas e partículas de maior tamanho. Os processos digestivos sofridos pelo alimento vão gerar uma entidade digerível nas partículas do *raft* (PR_d) e uma entidade indigerível do *raft* (PR_i). Os processos de digestão são cineticamente descritos pela taxa de digestão (K_d), que se supõe ser exponencialmente distribuída pelo tempo. As partículas do *pool* PR_i não conseguem escapar do rúmen. Assim, ocorre uma transferência progressiva de matéria do PR_i para o *pool* de partículas diluídas no fluído ruminal (PE). As resultantes desses processos são agregadas a uma taxa de transferência simples (λ) de partículas do PR para o PE. As partículas do *pool* PE potencialmente digerível (PE_d) serão digeridas à taxa K_d, e a porção indigerível (PE_i) será eliminada como a taxa de escape (K), a qual se supõe exponencialmente distribuída ao longo do tempo (VIEIRA *et al*., 2008).

REFERÊNCIAS

AGRIANUAL: **Anuário para a agricultura brasileira**. São Paulo: FNP Consultoria e Comércio, 2008, p. 148-156.

AITCHISON, E.; GILL, M.; FRANCE, J.; DHANOA, M.S. Comparison of methods to describe the kinetics of digestion and passage of fiber in sheep. **Journal of Science Food Agricultural**, v.37, n.11, p.1065-1072, 1986.

ALLEN, M.S.; MERTENS, D.R. Evaluating constraint of fiber digestion by rumen microbes. **Journal of Nutrition**, v.118, p.261-270, 1988.

AROEIRA, L. J. M. Estimativas de consumo de gramíneas tropicais. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE DIGESTIBILIDADE EM RUMINANTES, 1997, Lavras **Anais...** Lavras: UFLA-FAEPE, 1997. p. 127-163.

BERCHIELLI, T. T.; RODRIGUEZ, N.M.; OSÓRIO NETO, E. *et al*. **Nutrição de ruminantes**. Jaboticabal: Funep, 2006. 583p.

BLAXTER, K. L. The nutritive value of feeds as sources of energy: a review. **Journal of Dairy Science**, n. 39, p. 1396-1424, 1956.

BURNS, I. G. Studies of Relationship Between the Growth Rate of Young Plants and their Total – N Concentration Using Nutrient Interruption Techniques: Theory and experiments. **Animal Botanic**. v. 74, p. 143 – 157, 1994.

CASALI, A.O.; DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C. *et al*. Estimação *in situ* dos teores de fibra em detergente neutro indigestível em alimentos para ruminantes em sacos de diferentes tecidos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 2008.

CUNHA, G. A. P. da.; **O Abacaxizeiro: cultivo, agroindústria e economia.** Cruz das Almas: EMBRAPA, 1999. p.53-66.

CURRAN, M. K.; LEADER, J. D.; WESTON, E. W. A note on the use of chromic oxide incorporated in a feed to estimate faecal output in ruminants. **Animal Production**, v. 9, p. 561-564, 1976.

DETMANN, E.; CECON, P.R.; PAULINO, M.F. *et al*. Estimação de parâmetros da cinética de trânsito de partículas em bovinos sob pastejo por diferentes seqüências amostrais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, p.222-230, 2001.

ELLIS, W. C.; MAHLOOJI, M.; LASCANO, C. E. *et al*., Effects of size in ingestively masticated fragments of plant tissue on kinetics of digestion of NDF, **Journal of Animal Science**, v.83, p.1602-1615, 2005.

FAICHNEY, G.J. 1986. The kinetics of particulate matter in the rumen. In: CONTROL OF DIGESTIN AND METABOLISM IN RUMINANTS, 1986, Banff. **Proceedings...** Alberta, Canada: Banff Cente. p.173-195.

FAICHNEY, G.J. Digesta flow. In: FORBES, J.M.; FRANCE, J. (Eds.). **Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolim**. Wallingford: CAB International, 1993. p.53-85.

FRANCO e SARMENTO,N. L. A. **Composição Química e Degradabilidade Ruminal de Gramíneas do Gênero *Cynodon* .** Montes Claros: Universidade Estadual de Montes Claros. 49p Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Estadual de Montes Claros, 2010.

HRISTOV, A. N.; AHVENJRVI, 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.

HUNGATE, R.E. **The rumen and its microbes.** New York. Academic Press Inc. 533p, 1966.

IBGE: **Instituto Brasileira de Geografia e Estatística**. Produção Agrícola Municipal, 2010. Consultado em 09/08/2011.

LECHNER-DOLL, M.; KASKE, M.; ENGELHARDT, W.V. Factors affecting the mean retention time of particles in the forestomach of ruminants and camelids. In: TSUDA, T.; SASAKI, Y.; KAWASHIMA, R. (Eds.) **Physiological aspects of digestion and metabolism in ruminants**: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON RUMINANT PHYSIOLOGY, 7., 1989, Sendai, Japan. **Proceedings...**San Diego: Academic Press, 1991. p.455-482.

LUSK, J. W.; BROWNING, C. B.; MILES, J. T. Small – Sample in Vivo Cellulose Digestion Procedure for Forage Evaluation. **Journal of Dairy Science**, v. 45, p. 69-73, 1962.

MARTINS, A.S.; ZEOULA, L.M.; PRADO, I.N. *et al*. Degradabilidade ruminal *in situ* da matéria seca e proteína bruta das silagens de milho e sorgo e de alguns alimentos concentrados. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.5, p.1109-1117, 1999

MASUDA, Y. Comparisons of in vitro dry matter digestibility of forage oats grown under different temperatures and light intensities. **Journal of the Faculty of Agriculture**, v.21, p. 17-24, 1977.

MELO, A.S. *et al*. Rendimento, qualidade da fruta e lucratividade do abacaxizeiro cv. *Pérola* em diferentes espaçamentos. **Revista de Ciências Agrárias**, Belém, n.41, p. 9- 222, 2004.

MERTENS, D.R. Dietary fiber components: relationship to the rate and extent of ruminal digestion. **Fedederation Proceedings Journal,** 36, 187–192, 1977.

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

MOORE, J. E.; SOLLENBERGER, L. E. Techniques to predict pasture intake. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUÇÃO ANIMAL EM PASTEJO, 1997, Viçosa, **Anais...** Viçosa: UFV, 1997, p. 81-96.

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, 1988.

OLIVEIRA, Dalmo. Nova técnica aumenta produção de abacaxi. **Banco de notícias da EMBRAPA.** On-line. Disponível em: <http://www.cnpmf.embrapa.br/jornal/index.htm>. Consultado em: 12/09/2011.

OLIVEIRA JÚNIOR, P. R. **Produtividade de cultivares de soja em consórcio com braquiária, subdoses de herbicida e uso de potássio em cobertura.** 2006. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Agronomia, Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade de Marília, Marília, SP, 2004.

OLUBAJO, F. O.; OYENUGA, V. A. Digestibility of tropical pasture using the indicator technique. **Journal Agriculture Science** v. 75, n.1, p. 175-181, 1970.

ORSKOV, E.R.; HOVELL, F.D.B.; MOULD, F. The use of the naylon bag technique for the evaluation of feedstuffs. **Tropical Animal Production**, v.5, n.1, p.195-213, 1980.

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

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,** 75, p.2605–2617, 1992.

PONCIANO, N. J.; SOUZA, P. M.; GOLYNSKI, A. Avaliação econômica da produção de abacaxi (*Ananas cosmosus* L.) cultivar perola na região Norte Fluminense. **Caatinga**, v. 19, n. 1, p. 82-91, 2006.

RUIZ, M.E.; RUIZ, A. (Eds.). **Nutrición de rumiantes***:* Guía metodológica de investigación. San Jose: ALPA/IICA/RISPAL, 1991. p.89-104.

SALIBA, E. O. S. **Caracterização química e microscópica das ligninas dos resíduos agrícolas de milho e de soja expostos à degradação ruminal e seu efeito sobre a digestibilidade dos carboidratos estruturais.** 1998. 236 f. Tese (Doutorado em Ciência Animal)- Escola de Veterinária da UFMG, Belo Horizonte, 1998.

SAMPAIO, I.B.M. Contribuições estatísticas e de técnica experimental para ensaios de degradabilidade de forragens quando avaliada *in situ*. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 31., 1994, Maringá. **Anais...** Maringá: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1994. p.81-82.

SAVASTANO, S. **Efeito do nível do concentrado sobre parâmetros digestivos do feno de capim-gordura *(Melinis minutifl ora Pal de Blauv),* em bovinos.** 1993. 142 f. Dissertação (Mestrado) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1993.

SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D.; VAN SOEST, P.J.; FOX, D.G.; RUSSELL, J.B. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science,** v.70, p.3562-3577, 1992.

SNIFFEN, C.J.; ROBINSON, P.H. Microbial growth and flow as influenced by dietary manipulation. **Journal of Dairy Science**, v.70, p.425-411, 1987.

SUTHERLAND, T.M. Particle separation in the forestomachs of sheep. In: DOBSON, A.; DOBSON, M.J. (Eds.) **Aspects of digestive physiology in ruminants**. Ithaca: Ithaca Comstock Publishing Associates, 1988. p.43-73.

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).

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.

UDEN, P., COLUCCI, P. E. & VAN SOEST, P. J. **Journal Dairy Science.** US Department of Agriculture. 31, p. 625, 1980.

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

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.

WALDO, D.R., SMITH, I.W., COX, L.L. Model of cellulose disappearance from the rumen. **Journal Dairy Science,** 55, 125–129, 1972.

WARNER, A. C. I. Rate of passage of digesta through the gut of mammals and birds**.** **Nutrition Abstract Review** v. 51, p. 789-820, 1981.

WILLIAMS, C.H., DAVID, D.J., IISMAA, O. The determination of chromic oxide in faeces samples by atomic absorption. **Journal Agriculture Science**, 59:381-385, 1962.

Artigo

CINÉTICA DO TRÂNSITO DE PARTÍCULAS E DEGRADABILIDADE DA FDN DA SILAGEM DO RESÍDUO DA CULTURA DO ABACAXI (PARTES AÉREAS) EM DIFERENTES DENSIDADES DE ARMAZENAMENTO

Resumo

OLIVEIRA, Graciele Araújo de. Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Outubro de 2011, 39p. **Cinética de trânsito de partículas e degradabilidade da FDN da silagem do resíduo da cultura do abacaxi (partes aéreas) em diferentes densidades de armazenamento.** Orientadora: Margarida Maria Nascimento Figueiredo de Oliveira. Coorientador: Severino Delmar Junqueira Villela. Dissertação (Mestrado em Zootecnia)

O estudo foi conduzido com o objetivo de determinar os parâmetros cinéticos de degradabilidade *in situ* da matéria seca (MS) e da fibra em detergente neutro (FDN) e de passagem de materiais oriundos da silagem do resíduo da cultura do abacaxi (partes aéreas). Foram utilizados quatro tratamentos: 1- silagem do resíduo da cultura do abacaxi sob compactação de 600 Kg/m³, 2- silagem do resíduo da cultura do abacaxi sob compactação de 700 Kg/m³, 3- silagem do resíduo da cultura do abacaxi sob compactação de 900 Kg/m³, 4- silagem do resíduo da cultura do abacaxi sob compactação de 1000 Kg/m³. Após a ensilagem do material oriundo da plantação, avaliaram-se a cinética de trânsito de partículas e cinética de degradação ruminal. Para a cinética de trânsito de partículas foi utilizado como indicador o cromo para marcar a fibra. As taxas de passagem foram determinadas por meio da recuperação dos indicadores nas fezes do animal. No ensaio de degradação foram incubadas as amostras em bolsas de náilon nos tempos 0, 6, 18, 48 e 96 horas. O comportamento apresentado nas curvas de regressão das variáveis analisadas descreve uma alta correlação entre elas, ou seja, o tempo em que a silagem fica retida no rúmen exerce influência na sua digestibilidade e na sua taxa de degradação. De fato, quanto maior o tempo em que um alimento estiver no rúmen, mais ações digestivas ele sofrerá e por consequência vai ser mais digerido. Embora a silagem sob pressão de compactação de 900Kg/m³ apresente uma maior fração potencialmente digestível, recomenda-se o uso da silagem sob pressão de compactação de aproximadamente 750Kg/m³, devido ao menor custo e por apresentar menor tempo médio de retenção rúmen retículo e repleção ruminal, aumentando assim a dinâmica ruminal de degradação e passagem.

Palavras-chave: Silagem de abacaxi, Compactação, Tempo médio de retenção,ruminal. Repleção ruminal.

Abstract

OLIVEIRA, Graciele Araujo de. Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, October, 2011. 39p. Kinetics of particles transit and degradabilylity NDF os silage residue of peapple crop (aerials parts) at diferent densities os storage. Adviser: Margarida Maria Nascimento Figueiredo de Oliveira. Committee members: Severino Delmar Junqueira Villela. Dissertation (Master's degree in Animal Science)

The study was conducted to determine the kinetic parameters of in situ dry matter (DM) and neutral detergent fiber (NDF) and the movement of materials from the waste silage of pineapple crop (aerial parts). It was used four treatments: 1- crop residue silage pineapple under compression of 600 kg/m³, 2- silage crop residue pineapple under compression of 700 kg/m³, 3- silage crop residue pineapple under compression 900 kg/m³, 4- silage crop residue pineapple under compression of 1000 kg/m³. After ensiling the material from the plantation, it was evaluated the kinetics of passage of particles and kinetics of ruminal degradation. For the kinetics of passage of particles was used as an indicator to mark the chromium fiber. Leakage rates were determined by means of the indicators of recovery in the feces of the animal. In the degradation assay samples were incubated in nylon bags at 0, 6, 18, 48 and 96 hours. The behavior presented in the regression curves of the variables describing a high correlation between them, in other words, the time when the silage is retained in the rumen influence on its digestibility and its rate of degradation. In fact, the longer that a food is in the rumen, he will suffer more digestive actions and therefore will be more digestible. Although silage compression pressure 900kg/m³ present a higher potentially digestible fraction, we recommend the use of silage compaction pressure of about 750kg/m³, due to lower cost and have lower average retention rumen and reticulum ruminal fill, thus increasing the dynamic ruminal degradation and passage.

Keywords: Pineapple silage, Compaction, Ruminal mean retention time, Ruminal fill.

Introdução

As transformações digestivas são determinadas por fatores intrínsecos do alimento e por suas interações com os processos cinéticos. Com isso, a expressão quantitativa dos processos cinéticos de digestão e passagem torna-se necessária para estimar mais precisamente a quantidade e composição dos nutrientes digeridos e sua eficiência de utilização pelo animal (ELLIS *et al*., 1994).

A estimativa da cinética de trânsito de partículas em ruminantes vem sendo realizada por meio da utilização de indicadores complexados com a fração fibrosa do alimento, em procedimento de dose única, com amostragens fecais subsequentes em intervalos de tempo pré-definidos, objetivando caracterizar a curva de excreção desse indicador, a qual é submetida ao ajuste de modelos não lineares.

Dentre os vários indicadores usados nas estimativas de taxa de passagem, as fibras complexadas com cromo (Cr), denominadas de cromo-mordante ou cromo-mordente, apresentam como vantagem procedimentos mais simples durante as análises laboratoriais (LIRA *et al*., 2000).Em estudos com animais confinados, tem-se utilizado, para estimar os parâmetros cinéticos de trânsito, número de coletas variando normalmente entre vinte (OLIVEIRA *et al*., 1999) e vinte seis (MOORE *et al*., 1992). Por outro lado, em estudos com animais a pasto, empregam-se normalmente de dezessete a vinte cinco coletas (LIRA, 2000) que podem ser consideradas elevadas, dado o0 curto intervalo de tempo no qual são realizadas (120 a 144 horas).

Essa técnica tem se apresentado como alternativa viável, principalmente em virtude de sua simplicidade e economicidade, além de permitir o acompanhamento da extensão de degradação ao longo do tempo (MEHREZ e ORSKOV, 1977). O conhecimento gerado a partir de estudos cinéticos possibilita maior compreensão do comportamento ruminal, dos componentes bromatológicos dos alimentos e sua melhor utilização.

Outro parâmetro importante a ser estudado quando se leva em conta a qualidade da silagem é a degradabilidade da matéria seca. A técnica *in situ*, além de sua rápida e fácil execução, requer pequena quantidade de amostra do alimento e permite o contato íntimo com o ambiente ruminal, simulando um dado regime de alimentação no rúmen (temperatura, pH, tamponamento, substrato, enzimas), pois o material a ser analisado é exposto a condições ruminais normalmente encontradas (ORSKOV & McDONALD, 1979; ORSKOV *et al*.,

1980), embora o alimento não esteja sujeito a todos os eventos digestivos como mastigação, ruminação e passagem (VIEIRA, 1997).

O conhecimento mais aprofundado sobre a degradação ruminal das principais fontes forrageiras possibilita a adoção de sistemas mais adequados de alimentação. Com esse procedimento encontra-se a degradabilidade efetiva e a taxa de degradação da forrageira utilizada, permitindo o cálculo de uma dieta mais adequada, no sentido de proporcionar uma produção mais eficiente; inferindo-se que a taxa de degradação é um instrumento de expressiva importância na estimativa da ingestão voluntária de forragens.

Dada a importância da avaliação de alimentos para elaboração de dietas de qualidade, que minimizem custos e proporcionem melhor desempenho produtivo dos animais, e considerando diversidades na taxa de degradação de alimentos volumosos, o presente trabalho foi conduzido com o objetivo avaliar a cinética de trânsito de partículas e a degradabilidade da FDN da silagem do resíduo da cultura do abacaxi (partes aéreas) em diferentes densidades de armazenamento.

Material e Métodos

O presente trabalho foi realizado na Fazenda Experimental Risoleta Neves do convênio UFSJ/EPAMIG, no período de fevereiro a maio de 2011.

Os resíduos de lavoura de abacaxi (partes aéreas pós-colheita dos frutos) foram adquiridos no município de Frutal-MG e transportados para a Universidade Federal de São João Del Rei, em São João Del Rei-MG. O material foi ensilado em silos experimentais, confeccionados a partir de baldes com dimensões conhecidas, fechados com tampas dotadas de válvulas tipo *Bunsen*, adaptadas e lacradas com uma tampa encapada com plástico e fita adesiva.

O material foi picado utilizando-se uma ensiladeira estacionária movida por motor elétrico. Utilizaram-se 16 silos experimentais, sendo quatro tratamentos com quatro repetições: silagem do resíduo da cultura do abacaxi sob compactação de 600 Kg/m³; silagem do resíduo da cultura do abacaxi sob compactação de 700 Kg/m³; silagem do resíduo da cultura do abacaxi sob compactação de 900 Kg/m³; e silagem do resíduo da cultura do abacaxi sob compactação de 1000 Kg/m³.

Utilizaram-se quatro bovinos mestiços com aproximadamente 25 meses de idade e peso vivo médio de 300 kg, portadores de fístulas ruminais. Os animais permaneceram estabulados em baias individuais, com piso de concreto, parcialmente cobertas com telhas. Os animais

foram aleatoriamente distribuídos nos quatro blocos do ensaio de produção animal, um animal por bloco, com quatro repetições por tratamento.

Foram fornecidos os seguintes suplementos: 25Kg/dia de silagem de sorgo; sal mineral; e alimento concentrado em nível de 1Kg/dia, e os animais, em todos os tratamentos, tiveram acesso irrestrito à água e mistura mineral.

O estudo foi dividido em quatro períodos experimentais, com duração de 15 dias, dos quais sete foram para a adaptação dos animais às dietas, e oito dias para avaliação da taxa de passagem da fase sólida.

Os silos experimentais foram abertos no início do experimento em fevereiro de 2011. A análise bromatológica foi determinada de acordo com Silva e Queiroz (2002).

1 Parâmetros da cinética de trânsito de partículas

Do 7° ao 15° dia de cada período, foi realizada a coleta de fezes para estimar a curva de excreção do indicador e, consequentemente, a partir dos dados gerados, a cinética de trânsito de partículas; utilizando como marcadores o cromo (Cr-mordante), fixado à parede celular da forrageira do respectivo tratamento (nível de compactação), adaptando-se os procedimentos descritos por Udén *et al*. (1980).

Inicialmente, amostras das forrageiras foram secas em estufa de ventilação forçada a 60±5o C por 72 horas. Em seguida, foi realizada a fervura, por uma hora, desse material junto com detergente neutro, na proporção de 100g de amostra seca para 100 ml de detergente e 1 litro de água. Após esse procedimento, o material foi filtrado em saco de tecido de algodão, lavado com água corrente de torneira, até o clareamento da água para a remoção dos componentes solúveis, e seco a 60±5o C, durante 72 horas.

Então foi adicionada a essa fibra uma solução de dicromato de potássio (K2Cr2O7. 2 H2O), na proporção de 13% de cromo em relação ao peso da fibra a ser marcada. Em seguida, foi diluída a solução de dicromato de potássio em um recipiente de vidro, com posterior imersão da fibra. Este 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 à lavagem em água corrente, para remover o excesso de dicromato.

Em seguida, 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 atingir a cor verde intensa. Logo após, o material foi novamente acondicionado em saco de tecido de

algodão e submetido à lavagem, repetidas vezes até o completo clareamento da água, e seco em estufa de ventilação forçada a 60±5ºC por 72 horas. Foram fornecidos 200 gramas de fibra marcada via fístula ruminal no início de cada período experimental.

Após isso, realizaram-se coletas individuais de fezes, iniciadas a zero hora, junto com a administração da fibra mordantada, prosseguindo em tempos pré-determinados até 192 horas (0; 1; 2; 4; 6; 8; 10; 12; 14; 16; 20; 24; 28; 32; 36; 40; 44; 48; 56; 64; 72; 80; 88; 96; 108; 120; 132; 144; 192h). As fezes foram colhidas diretamente no reto dos animais, com o auxílio de luvas plásticas.

As amostras de fezes foram pré-secas em estufa de ventilação forçada (65ºC), durante 72h, moídas em moinho tipo *Ciclone* (peneira com malhas de 2mm) e analisadas quanto ao teor de cromo (Cr) por espectrofotometria de absorção atômica, após digestão nitroperclórica, segundo metodologia descrita por Kimura & Miller (1957).

2 Parâmetros da cinética de degradação ruminal

Para determinação dos parâmetros da cinética ruminal da matéria seca (MS) e da fibra em detergente neutro (FDN) das silagens dos materiais oriundos dos silos experimentais, foi adotada a técnica *in situ*, conforme Mehrez & Orskov (1977) e Nocek (1985), utilizando-se sacos de náilon nas dimensões de 13x7 cm e com diâmetro de poros de 50μm, mantendo-se uma relação de 25mg de MS/cm^2 de superfície dos sacos, conforme recomendações de Kirkpatrick & Kennelly (1987).

Os tempos de incubação foram de 0, 6, 18, 48 e 96 horas. Após serem retirados, os sacos foram lavados em água corrente até o clareamento da mesma e, em seguida, foram secos a 60±5^{o} C em estufa com ventilação forçada, por 48 horas e levados para o dessecador e, posteriormente, foram determinados os respectivos pesos. Os sacos correspondentes ao tempo zero não foram incubados no rúmen, porém foram lavados simultaneamente aos demais.

As bolsas foram atadas nos elos de uma corrente, de forma sequencial (fileiras), sendo os mesmos imersos no conteúdo ruminal e a corrente ancorada ao peso. As bolsas foram incubadas no rúmen em ordem cronológica reversa (infundidas as bolsas nos determinados tempos e retiradas todas ao fim da contagem de tempo). Posteriormente, foram lavadas conjuntamente em recipiente contendo água corrente até que a água não apresentasse sinais de resíduos de conteúdo ruminal. Em seguida, foram levadas para uma estufa de ventilação

forçada a 65ºC por 48 horas, e seu peso seco determinado em balança analítica, segundo metodologia descrita por Silva & Queiroz (2002).

3 Modelos utilizados na predição dos parâmetros relacionados à cinética de taxa de passagem e degradabilidade

Os perfis de concentração do marcador nas fezes foram descritos por meio do modelo bicompartimental generalizado sugerido por Matis *et al*. (1989):

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

para $t > \tau$

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

Os parâmetros apresentados no modelo acima fornecem estimativas que explicam a dinâmica da taxa de passagem ou de trânsito de partículas fibrosas pelo trato gastrintestinal dos ruminantes, em que $N =$ ordem de dependência de tempo; $\lambda =$ 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 e $\tau =$ tempo de trânsito (tempo referente à saída do marcador do orifício retículo-omasal até o primeiro aparecimento nas fezes).

O modelo utilizado para estimar os parâmetros da cinética de digestão da fibra baseia-se em uma equação simples de primeira ordem (SMITH *et al*., 1971), com a adição do tempo de latência discreta como descrito por Mertens & Loften (1980):

$$R_t = B_0 + U_0, 0 \leq t \leq L$$

para $t > L \quad R_t = B_0 e^{-c(t-L)} + U_0$

Em que: R_t = resíduo de FDN no tempo; B= fração potencialmente digestível da fibra; U= fração indigestível da fibra; L = latência discreta; c = taxa de digestão; t = tempo.

4 Variáveis analisadas

As variáveis testadas no presente estudo foram: fração potencialmente digestível da fibra padronizada (Bn), fração indigestível da fibra padronizada (Un), latência discreta (L), taxa de digestão (c), tempo médio de retenção no rúmen-retículo (MRT), digestibilidade verdadeira (EDF) e repleção ruminal da fibra (RR). As frações B e U foram normalizadas para demonstrar uma adequada proporção entre si, como demonstrado abaixo (Waldo *et al*., 1972):

$$Bn = B/(B+ U)$$
$$Un = U/(B + U)$$

A variável L explica o tempo de preparo e colonização do substrato no rúmen até começar efetivamente a digestão. A variável c representa a taxa fracionária de digestão da fibra por unidade de tempo.

O *turnover* ou tempo médio de retenção no rúmen-retículo (MRT) foi estimado com base em interpretações biológicas, em que 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 rúmen-retículo (MRT) foi estimado de acordo com a equação (MATIS *et al*., 1989):

$$MRT = N/\lambda + 1/k$$

O coeficiente de digestibilidade verdadeira da fibra (EDF) é adimensional e foi estimado usando o modelo de Vieira *et al*. (2008) descrito a seguir:

$$EDF = c\left\{v\sum_{i=1}^{N}\left[\lambda^{i-1}/(\lambda+c)^{i}\right] + \lambda^{N}/[(\lambda+c)^{N}(k+c)]\right\}$$

Por sua vez, a repleção ruminal (RR) expressa em dias também foi estimada usando o seguinte modelo deduzido por Vieira *et al*. (2008):

$$RR = B\left\{v\sum_{i=1}^{N}\left[\lambda^{i-1}/(\lambda+c)^{i}\right] + \lambda^{N}/[(\lambda+c)^{N}(k+c)]\right\} + U[N/\lambda + 1/k]$$

5 Métodos estatísticos e critérios de avaliação de modelos

Os parâmetros do modelo ajustado para a cinética de passagem e perfis de degradabilidade 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 o de Newton, devido a 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, consequentemente, do melhor modelo para explicar a taxa de passagem foi avaliada pelo cômputo do critério de informação 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, $\forall h = 1,2,\ldots,6$. As diferenças entre os valores do $AICc_h$ (Δ_h), a probabilidade de verossimilhança (w_h), e a razão de evidência (ER_h), foram também computadas usando as seguintes equações (VIEIRA *et al*., 2011):

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

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

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

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

As estimativas dos parâmetros dos perfis da 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 durante a apreciação desses pontos.

Foram realizadas análises estatísticas das estimativas dos parâmetros da cinética de digestão e trânsito ruminais. O modelo estatístico adotado foi o seguinte:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + a_j + e_{ij}$$

Os efeitos fixos são a média (μ) e os tratamentos (α), já os efeitos aleatórios são atribuídos ao animal (a) e ao erro (e). O modelo estatístico foi ajustado usando o procedimento PROC MIXED do SAS (SAS System Inc., Cary, NC, USA). Foram testados diferentes modelos para a estrutura da matriz de variâncias e covariâncias. A verossimilhança desses modelos foi verificada a partir do critério de Akaike e dos critérios de verossimilhança dele derivados, ou seja, Δ_h, w_h, e ER_h.

As seguintes estruturas foram testadas: componente de variância, simetria composta com correlação constante e variância homogênea, simetria composta com correlação constante e variância heterogênea, variâncias heterogêneas alocadas na diagonal principal com covariâncias nulas, e estrutura irrestrita de variâncias e covariâncias (VIEIRA *et al*., 2011).

Resultados e Discussão

A composição nutricional das quatro densidades de armazenamento da silagem do resíduo da cultura do abacaxi usados no experimento está demonstrada na Tabela 1, para efeito de apreciação dos valores.

Tabela 1 - Composição bromatológica das silagens sob diferentes pressões de compactação

Parâmetros	Pressões de Compactação			
	600 kg/m^3	700 kg/m^3	900 kg/m^3	1000 kg/m^3
MS (%)	39,06	38,40	33,92	33,43
PB (%)	6,62	6,87	5,88	6,59
FDN (%)	54,10	53,95	54,61	55,37
FDA (%)	44,35	36,95	35,70	35,77
EE (%)	4,90	3,96	4,75	3,72
Lig (%)	7,48	8,75	8,49	8,21

O cômputo do critério de Akaike nos permite comparar múltiplas hipóteses e por meio dos resultados obtidos selecionar o modelo que melhor prediz a realidade de acordo com o grupo de dados em questão. A estrutura de componentes de variância foi a que produziu

resultados mais verossímeis entre as demais estruturas de variâncias e covariâncias testadas com base no critério de Akaike.

Entre todos os parâmetros testados, somente as variáveis Bn e Un não expressaram significância para análise de regressão, portanto, aplicou-se teste de médias a fim de verificar efeito entre tratamentos, e os valores obtidos estão descritos na Tabela 2.

Tabela 2 - Valores obtidos por meio de análise de estrutura de variância-covariância para as variáveis: fração potencialmente digestível da fibra padronizada (Bn) e fração indigestível da fibra padronizada (Un)

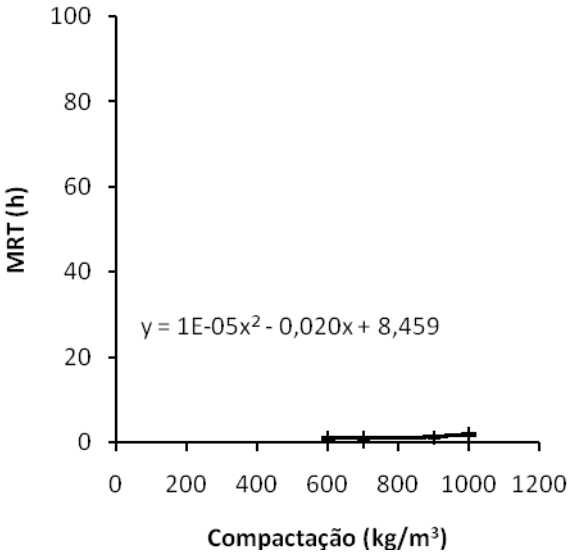
Compactação (Kg/m^3)	Variáveis	
	Bn	Un
600	0,5590 b	0,4410 a
700	0,5461 b	0,4539 a
900	0,6276 a	0,3724 b
1000	0,5788 a	0,4212 a

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra na coluna não diferem (P < 0,05)

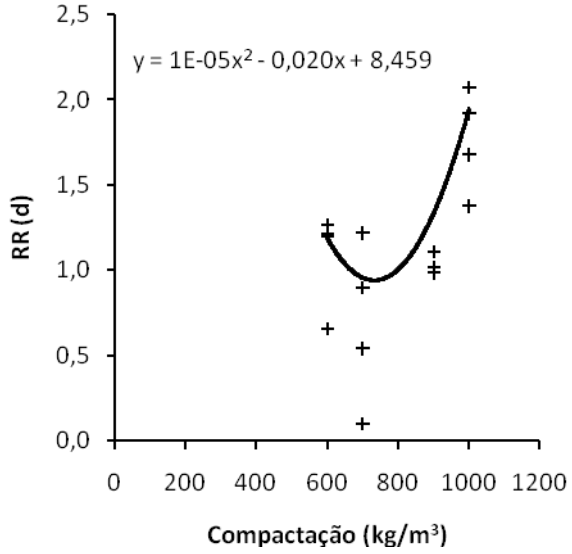
Com relação às frações Bn e Un, o tratamento com compactação a 900 kg/m^3 demonstrou ser mais eficiente proporcionando uma fração potencialmente digestível maior e consequentemente uma fração indigestível menor em relação aos demais tratamentos.

Os parâmetros c , MRT, EDF e RR apresentaram valores significativos para análise de regressão dos diferentes tratamentos, ambos com comportamento semelhante em uma função quadrática como podemos observar nos gráficos. As equações de regressão estão apresentadas nos gráficos.

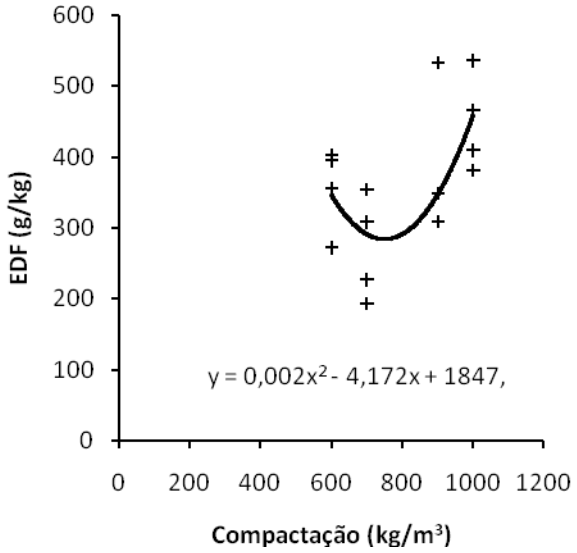
O comportamento apresentado nas curvas de regressão das variáveis analisadas descreve uma alta correlação entre elas, ou seja, o tempo em que a silagem fica retida no rúmen exerce influência na sua digestibilidade e na sua taxa de degradação, De fato, quanto maior o tempo em que um alimento estiver no rúmen, mais ações digestivas ele sofrerá e por consequência vai ser mais digerido, como podemos observar na figura a seguir.



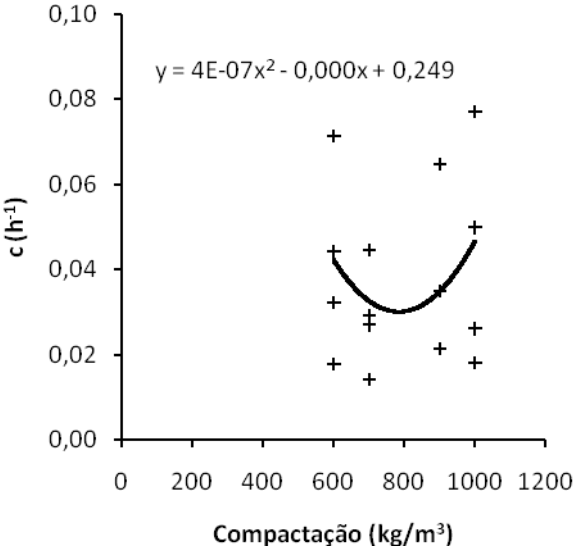
De acordo com a equação de regressão, os pontos de mínimo encontrados para Tempo Médio de Retenção foram respectivamente X mínimo de744,8071 e Y mínimo de 23,5368.



Para repleção ruminal foram encontrados os seguintes valores de X mínimo: 732,8571 e Y mínimo: 0,9399.



Para taxa de digestão verdadeira em relação à pressão de compactação,os pontos de mínimo encontrados foram de 749,8203em X e 283,7549 em Y.



Já os valores de ponto mínimo encontrados para taxa de digestão foram: X mínimo de 784,3137 e Y mínimo 0,0299.

FIGURA 1- Curvas de regressão e suas respectivas equações em virtude das diferentes compactações para as seguintes variáveis analisadas: tempo médio de retenção no rúmen-

retículo (MRT), repleção ruminal (RR), digestibilidade verdadeira (EDF) e taxa de digestão (c)

De acordo com os resultados obtidos para os diferentes tratamentos nas análises de regressão, pode-se observar através dos pontos de mínimo dos gráficos encontrados que existe algum mecanismo que retarda a dinâmica ruminal de degradação e passagem com o aumento muito acentuado da densidade de armazenamento da silagem.

Esse fato denota que densidades de armazenamento acima de 800Kg/m³ não são justificáveis pois, além de maior gasto energético e financeiro para se obter altas compactações, o resultado final exerce influência negativa à dinâmica ruminal de degradação e passagem. É necessária a realização de estudos futuros para que se possa verificar a causa e o efeito dos resultados obtidos no presente estudo.

A silagem compactada em 750kg/m^3 proporcionou maior efeito positivo do ponto de vista fisiológico ruminal, principalmente devido ao seu menor tempo médio de retenção no órgão e menor repleção ruminal.

Conclusão

Recomenda-se o uso da silagem de densidade de armazenamento de ponto de mínimo por volta de 750Kg/m³ por apresentar menor Tempo Médio de Retenção Ruminal e Repleção Ruminal, bem como menor custo com trator e mão de obra.

REFERÊNCIAS

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

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.

ELLIS, W.C., MATIS, J.H., HILL, T.M. *et al*. Methodology for estimating digestion and passage kinetics of forages. In: FAHEY JR., G.C. (Ed.) **Forage quality, evaluation, and utilization.** Winsconsin: American Society of Agronomy. p.682-756. 1994.
KIMURA, F.T.; MILLER, V.L. Improved determination of chromic oxide in cal feed and feces. **Journal Agriculture Foodstuffs Chemistry**. v.5, n.2, p.216, 1957.

KIRKPATRICK, B.K., KENNELLY, J.J. *In situ* degradability of protein and dry matter from single protein sources and from a total diet. **Journal of Animal Science**. v. 65, p. 567-576, 1987.

LIRA, V.M.C., **Utilização de diferentes modelos matemáticos e marcadores para simulação de cinética digestiva e de trânsito do capim braquiária (Brachiaria decumbens Stapf.)**, Viçosa, MG: UFV, 2000, 91p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 2000.

MATIS, J.H., WEHRLY, T.E., ELLIS, W.C. Some generalized stochastic compartment models for digesta flow. **Biometrics.** 45, 703-720, 1989.

MEHREZ, A. Z.; ORSKOV, E.R. A study of the artificial fibre bag technique for determining the digestibility of feeds in the rumen. **Journal of Agriculture Science**. v.88, n.3, p.645-650, 1977.

MERTENS, D.R.; LOFTEN, J.R. The effect of starch on forage fiber digestion kinetics *in vitro*. **Journal of Dairy Science**. v. 36, p. 1437 – 1446, 1980.

MOORE, J.A., POND, K.R., POORE, M.H. *et al*. Influence of model and marker on digesta kinetic estimate for sheep. **Journal Animal Science.** 70(11):3528-3540, 1992.

NOCEK, J. E. Evaluation of specifi c variables affecting *in situ* estimates of ruminal dry matter and protein digestion. **Journal of Animal Science**. v. 60, n. 05, p. 1347-1358, 1985.

OLIVEIRA, R.L., PEREIRA, J.C., SILVA, P.R.C. *et al*. Degradabilidade ruminal da cama de frango e do feno de capim Coast-cross e avaliação de modelos matemáticos para estimative da taxa de passagem de partículas. **Revista Brasileira de Zootecnia**. 28(4):839-849, 1999.

ORSKOV, E. R.; HOVELL, F. D. D.; MOULD, F. Uso de la tecnica de la bolsa de náilon para la valuacion de los alimentos. **Producion Animal Tropical,** México, v. 40, n. 5, p. 213-233, maio 1980.

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.

SAS. 2000. SAS/STAT User's guide. Version 8. v.2. SAS Institute Inc. Cary (NC).
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.

SMITH, L. W., H. K. GOERING, D. R. WALDO, AND D. H. GORDON. In vitro digestion rate of forage cell wail components. **Journal Dairy Science**. 54:71, 1971

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.; TEDESCHI, L.O.; CANNAS, A. A generalized compartmental model to estimate the fibre mass in the ruminoreticulum: 1. Estimating parameters of digestion. **Journal of Theoretical Biology**. doi: 10.1016/j.jtbi.2008.08.014, 2008.

VIEIRA, R.A.M., PEREIRA, J.C., MALAFAIA, P.A.M. et al. The influence of elephant-grass (*Pennisetum purpureum* Schum., Mineiro variety) growth on the nutrient kinetics in the rumen. **Animal Feed Science**. 67:151-161,1997.

VIEIRA, R.A.M. ; Botelho, M.F. . A model for evaluating beef cattle rations accounting for the effects of ruminal fiber mass. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v. 40, p. 2538-2547, 2011.

WALDO, D.R.; SMITH, L.W.; COX, E.L. Model f cellulose disappearance from the rumen. **Journal Dairy Science**. v.55, p.125-129, 1972.