

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS  
ESCOLA DE VETERINÁRIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

**Avaliação de indicadores de metabolismo e comportamento ingestivo em novilhas Nelore e Guzerá, submetidas a dois planos alimentares**

Patrícia Caires Molina

BELO HORIZONTE  
ESCOLA DE VETERINARIA – UFMG

2017

Patrícia Caires Molina

**Avaliação de indicadores de metabolismo e do comportamento ingestivo em novilhas  
Nelore e Guzerá, submetidas a dois planos alimentares**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais como requisito parcial para Obtenção do grau de Doutor em Zootecnia.

Área de concentração: Nutrição Animal.

Orientador (a): Prof (a). Ana Luiza Costa Cruz Borges

BELO HORIZONTE  
ESCOLA DE VETERINARIA – UFMG  
2017

Tese defendida e aprovada, no dia 17 de agosto de 2017, pela Comissão Examinadora composta por:

---

Prof (a). Dr. (a) Ana Luiza da Costa Cruz Borges  
(Orientador (a))

---

Prof. Dr. Décio Souza Graça

---

Prof (a). Dr (a). Eloísa de Oliveira Simões Saliba

---

Dr. André Santos de Souza

---

Prof. (a) Dr.(a) Helena Ferreira Lage



"O Senhor é o meu pastor e nada me faltará.  
Deita-me em verdes pastos e guia-me mansamente  
em águas tranqüilas.  
Refrigera a minha alma, guia-me pelas veredas da  
justiça, por amor do seu nome.  
Ainda que eu ande pelo vale da sombra da morte, não  
temerei mal algum, porque Tu estás comigo, a Tua  
vara e o Teu cajado me consolam.  
Prepara-me uma mesa perante os meus inimigos,  
unges a minha cabeça com óleo, o meu cálice  
transborda.  
Certamente que a bondade e a misericórdia me  
seguirão todos os dias da minha vida e habitarei na  
casa do SENHOR por longos dias."

(Salmos 23)

## Agradecimentos

Gostaria de agradecer a Deus, por guiar meu caminho, por ter me abençoando ao longo de toda essa trajetória percorrida até aqui e por ter me proporcionado a experiência mais plena que qualquer mulher pode ter que é de ser mãe.

Ao grande amor da minha vida, meu apoio, minha base, meu marido Lívio por todo amor, pela compreensão, por estar sempre ao meu lado, te admiro muito.

A minha filha Lívia, minha razão para ser cada dia uma pessoa melhor.

Aos meus pais, meu irmão e Pedrão pelo amor e pelo carinho.

A Tia Sandra e Tio Cal por todo carinho e amor e as minhas primas pela companhia e parceria.

Ao André Souza que sem ele esse trabalho não teria sido possível, muito obrigada pela confiança e pela amizade.

A Professora Ana Luiza por ter confiado em mim, pelas palavras e por toda atenção.

Ao Professor Ricardo pela amizade e pela ajuda na minha formação profissional.

Ao Arthur e ao Pedro que me atuaram por todos esses anos, muito obrigada por toda ajuda e pela amizade.

Aos estagiários do Nutrirum que me ajudaram na condução das análises, muito obrigada.

Aos funcionários do Laboratório de Nutrição, Toninho e Fabiana, muito obrigado.

A Professora Eloísa por toda disponibilidade em ajudar no trabalho.

Ao Filipe e a Cecília por toda ajuda em fazer as análises.

Ao Professor Décio por ter aceitado o convite de participar da banca.

A Helena Ferreira Lage, muito obrigada por ter aceitado o convite de participar da banca, te admiro pela profissional que se tornou e por poder enriquecer meu trabalho.

Ao Professor Lúcio Gonçalves e Diogo pelo exemplo profissional e pessoal.

A Professora Joana e ao Danilo pela ajuda na estatística.

Ao Matheus por ter sido tão solícito e ter me ajudado nos dados, muito obrigada.

Ao Professor Iran pela atenção.

A o CNPq (CNPq - INCT), pela contribuição financeira na realização deste projeto.

A CAPES pela bolsa de estudos durante o doutorado.

À BR-NOVA pela gentileza de fornecer a suplementação mineral para os animais;

A Fazenda Santa Paula, por ceder os animais da raça Guzerá para a realização do experimento.

À FAPEMIG, pelo apoio na realização deste experimento.

À Escola de Veterinária e a Eloísa do Departamento e Zootecnia que sempre disposta a ajudar.

E a todos os colegas de pós-graduação e graduação da Escola de Veterinária.

Muito Obrigada!

---

**SUMÁRIO**


---

<b>RESUMO</b> .....	13
<b>ABSTRACT</b> .....	15
<b>INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	17
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	19
<b>CAPÍTULO I</b> .....	20
1. REVISÃO DE LITERATURA.....	20
1.1. Consumo de Matéria Seca.....	20
1.2. Indicadores para Estimativas de Produção Fecal.....	23
1.3. O Dióxido de Titânio (TiO <sub>2</sub> ).....	25
1.4. LIPE® e NANOLIPE®: Nanotecnologia aplicada ao LIPE® (Lignina Purificada e Enriquecida).....	26
1.5. A Taxa de Passagem da Fase Sólida.....	27
1.6. Modelos de Avaliação da Taxa de Passagem.....	28
1.7. O Cromo-Mordante para Taxa de Passagem.....	29
1.8. O Comportamento Ingestivo em Bovinos.....	31
1.9. Ingestão do Alimento.....	33
1.10. Atividade de Ruminação no Comportamento Ingestivo.....	35
1.11. Atividade do Ócio no Comportamento Ingestivo.....	36
1.12. Bem-estar animal.....	37
2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	39
<b>CAPÍTULO II: Avaliação do uso de indicadores de produção fecal em novilhas Nelore e Guzará, sob dois planos alimentares</b> .....	48
<b>RESUMO</b> .....	48
<b>ABSTRACT</b> .....	49
1. INTRODUÇÃO.....	50
2. MATERIAIS E MÉTODOS.....	51
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	57
4. CONCLUSÃO.....	63
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	65
<b>CAPÍTULO III: Avaliação da taxa de passagem com Cromo-mordante em novilhas Nelore e Guzará, sob dois planos alimentares</b> .....	68
<b>RESUMO</b> .....	68
<b>ABSTRACT</b> .....	69
1. INTRODUÇÃO.....	70

2.	MATERIAIS E MÉTODOS.....	71
3.	RESULTADO E DISCUSSÃO.....	73
4.	CONCLUSÃO.....	79
5.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	80
<b>CAPÍTULO IV: Avaliação do comportamento ingestivo de novilhas Nelore e Guzerá, sob dois planos alimentares.....</b>		<b>83</b>
RESUMO.....		83
ABSTRACT.....		84
1.	INTRODUÇÃO.....	85
2.	MATERIAIS E MÉTODOS.....	84
3.	RESULTADO E DISCUSSÃO.....	88
4.	CONCLUSÃO.....	98
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	99
6.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	100
<b>ANEXOS.....</b>		<b>104</b>

---



---

**LISTA DE TABELAS**


---

**CAPÍTULO II: Avaliação do uso de indicadores de produção fecal em novilhas Nelore e Guzerá, sob dois planos alimentares**


---

Tabela 1-	Formulação e composição química das dietas experimentais.....	53
Tabela 2-	Valores médios de consumo de matéria seca, em kg de MS/dia, em porcentagem de peso vivo (%PV), em gramas de MS sobre kg de peso metabólico elevado a potência 0,75 (g MS/kg PM <sup>0,75</sup> ), para consumo real, consumo estimado pelo dióxido de titânio (TiO <sub>2</sub> ) e pelo NANOLIPE® na fase restrita.....	58
Tabela 3-	Valores médios de consumo de matéria seca, em kg de MS/dia, em porcentagem de peso vivo (%PV), em g de MS sobre kg de peso metabólico elevado a potência 0,75 (g MS/kg PM <sup>0,75</sup> ), para consumo real, consumo estimado pelo dióxido de titânio (TiO <sub>2</sub> ) e pelo NANOLIPE® na fase <i>ad libitum</i> .....	58
Tabela 4-	Valores médios de produção fecal, em kg de MS/dia, para coleta total, estimado pelo dióxido de titânio (TiO <sub>2</sub> ) e pelo NANOLIPE® em novilhas das raças Nelore e Guzerá na fase restrita.....	59
Tabela 5-	Valores médios de produção fecal, em kg de MS/dia, obtidos pela coleta total, estimado pelo dióxido de titânio (TiO <sub>2</sub> ) e pelo NANOLIPE® em novilhas das raças Nelore e Guzerá na fase <i>ad libitum</i> .....	60
Tabela 6-	Valores médios, expressos em porcentagem, da taxa de recuperação dos indicadores dióxido de titânio (TiO <sub>2</sub> ) e NANOLIPE® nas fases restrita e <i>ad libitum</i> .....	62

---

**CAPÍTULO III: Avaliação da taxa de passagem com Cromo-mordante em novilhas Nelore e Guzerá, sob dois planos alimentares**


---

Tabela 1-	Regressões ajustadas da curva de excreção do marcador (Cr-mordante) em novilhas das raças Nelore e Guzerá nos períodos restrito e <i>ad libitum</i> .....	73
Tabela 2-	Valores médios das taxas de passagem de partículas no rúmen (k1) e ceco-cólon (k2), tempo de trânsito (TT), tempo de retenção no rúmen-retículo (TRR), tempo de retenção no ceco-cólon (TRCC), tempo médio de retenção nos dois compartimentos (TMR) e tempo médio de retenção total (TRT) em novilhas das raças Nelore e Guzerá no período restrito.....	75
Tabela 3-	Digestibilidade da matéria seca em novilhas das raças Nelore e Guzerá nas fases restrita e <i>ad libitum</i> .....	77
Tabela 4-	Valores médios das taxas de passagem de partículas no rúmen-retículo (k1) e ceco-cólon (k2), tempo de trânsito (TT), tempo de retenção no rúmen-retículo (TRR), tempo de retenção no ceco-cólon (TRCC), tempo médio de retenção	78

---

---

nos dois compartimentos (TMR) e tempo médio de retenção total (TRT) em novilhas das raças Nelore e Guzerá no período *ad libitum*.....

---

#### **CAPÍTULO IV: Avaliação do comportamento ingestivo de novilhas Nelore e Guzerá, sob dois planos alimentares**

---

Tabela 1-	Consumo diário, expresso em kg de matéria seca por dia (CMS), em porcentagem de peso vivo (CMS%PV), em kg de matéria orgânica por dia (CMO), em kg de fibra em detergente neutro corrigido para cinzas e proteína por dia (CFDNcp), em kg de FDNcp em porcentagem de peso vivo (CFDNcp%PV), eficiência de alimentação da matéria seca em gramas MS por minuto (EFAL da MS), eficiência de alimentação da FDNcp em gramas FDNcp por minuto (EFAL da FDNcp), eficiência de ruminação da matéria seca em gramas MS por minuto (EFRMS), eficiência de ruminação da FDNcp em gramas FDNcp por minuto (EFRFDNcp), ruminação da matéria seca em minutos por grama de MS (RUM. MS), ruminação da FDNcp em minutos por grama FDNcp (RUM FDNcp), tempo gasto para mastigação da matéria seca em minutos por grama MS (MAST. MS), tempo gasto para mastigação da FDNcp em minutos por grama FDNcp (MAST. FDNcp), eficiência alimentar da matéria seca (EAMS) em novilhas da raça Nelore e Guzerá durante as fases restrita e <i>ad libitum</i> .....	89
Tabela 2-	Digestibilidade dos nutrientes em novilhas das raças Nelore e Guzerá nas fases restrita e na fase <i>ad libitum</i> .....	91
Tabela 3-	Comparação do tempo gasto (em minutos) para se alimentar, em ócio, ruminação, em atividade de mastigação total (TMT), em número de mastigações meréricas por bolo ruminal (N°MM/BR) e número de bolos por dia (N° Bolos/min) em novilhas das raças Nelore e Guzerá nas fases restrita e <i>ad libitum</i> .....	92
Tabela 4-	Valor nutricional das sobras de alimentos durante a fase <i>ad libitum</i> .....	93
Tabela 5-	Comparação entre as raças Nelore e Guzerá do tempo gasto em minutos para o ócio deitado, ócio em pé, ruminando deitado, ruminando em pé nas fases restrita e <i>ad libitum</i> .....	94

---

---

**LISTA DE FIGURAS**


---

Figura 1- Ligações entre o Cr e os possíveis sítios de ligações na fibra, mais especificamente nos fenilpropanóides da lignina (Adaptado Abreu, 2016).....	30
<b>CAPÍTULO II: Avaliação do uso de indicadores de produção fecal em novilhas Nelore e Guzerá, sob dois planos alimentares</b>	
Figura 1- Esquema de fornecimento do NANOLIPE®, do dióxido de titânio e coleta de fezes, conforme o dia de cada período experimental.....	55
<b>CAPÍTULO IV: Avaliação do comportamento ingestivo de novilhas Nelore e Guzerá sob, dois planos alimentares</b>	
Figura 1- Gráfico do tempo destinado para cada variável estudada, em porcentagem, em fêmeas Nelore e Guzerá nas fases restrita e <i>ad libitum</i> .....	95
Figura 2- Gráfico de horários em que os animais se alimentaram, ruminaram e ficaram em ócio, sob diferentes temperaturas ao longo do dia nas fases restrita e na fase <i>ad libitum</i> .....	96

---

## ABREVIATURAS

Ca: cálcio

CFDNcp: consumo de fibra detergente neutro corrigido para cinzas e proteína, em quilograma por dia

CFDN%PV: consumo de fibra detergente neutro em porcentagem de peso vivo

CMO: consumo de matéria orgânica, em quilograma por dia

CMS: consumo de matéria seca, em quilograma por dia

CMS%PV: consumo de matéria seca em porcentagem de peso vivo

CONSUMO g MS/kg PM<sup>0,75</sup>: consumo em gramas de matéria seca sobre quilograma de peso metabólico elevado a potência 0,75

CNF: carboidrato não fibroso

Cr: cromo

Cr-mordente: cromo mordente

Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>: óxido crômico

EAMS: eficiência alimentar da matéria seca

EFAL FDNcp: eficiência de alimentação da fibra detergente neutro corrigido para cinzas e proteína, em gramas de FDNcp por minutos

EFAL MS: eficiência de alimentação da matéria seca, em gramas de MS por minutos

EFRFDNcp: eficiência de ruminação da fibra detergente neutro corrigido para cinzas e proteína, gramas de FDNcp por minuto

EFR MS: eficiência de ruminação, gramas de MS por minuto

EE: extrato etéreo

FDNcp: fibra em detergente neutro corrigido para cinzas e proteína

FDA: fibra em detergente ácido

g: grama

kg: quilograma

k1: taxa de passagem no rúmen, em porcentagem

k2: taxa de passagem de partículas no ceco-cólon proximal, em porcentagem

LIPE®: lignina purificada e enriquecida

MASTFDNcp: mastigação da fibra detergente neutro, minutos por grama de FDNcp

MASTMS: mastigação da matéria seca, minutos por grama de MS

m<sup>2</sup>: metro quadrado

min: minuto

mL: mililitro

MM: matéria mineral

MO: matéria orgânica

MS: matéria seca

NANOLIPE®: nanotecnologia aplicada ao LIPE®

NDT: nutrientes digestíveis totais

Nº Bolos/dia: número de bolos por dia

NºMM/BR: número de mastigações meréricas por bolo ruminal

P: fósforo

PB: proteína bruta

PMSF: produção de matéria seca fecal, em quilograma de matéria seca

PV: peso vivo

ORO: orifício retículo-omasal

RUMFDNcp: ruminação da fibra detergente neutro corrigido para cinzas e proteína, minutos por grama de FDNcp

RUMMS: ruminação da matéria seca, minutos por grama de MS

t: tempo de amostragem, em horas

TGI: trato gastro intestinal

TiO<sub>2</sub>: dióxido de titânio

TMR: tempo médio de retenção nos dois compartimentos, em horas

TMT: tempo de mastigação total, em minutos

TRCC: tempo de retenção do ceco e cólon proximal, em horas

TRR: tempo de retenção no rúmen, em horas

TRT: tempo de retenção total, em horas

TT: tempo de trânsito, em horas

% PV: porcentagem de peso vivo

## RESUMO

Avaliou-se o uso dos indicadores dióxido de titânio ( $\text{TiO}_2$ ) e do NANOLIPE® para estimar o consumo de matéria seca, produção fecal e a taxa de recuperação fecal. Avaliou-se a cinética da fase sólida com uso de silagem mordantada e o comportamento ingestivo de novilhas mantidas em confinamento, submetidas a dois planos alimentares. Utilizaram-se 12 novilhas, sendo seis da raça Nelore e seis da raça Guzerá e duas dietas: na primeira fase (restrita), a dieta foi formulada para manutenção do peso vivo, permitindo-se ganhos de 200 g/dia e na segunda fase (*ad libitum*), a dieta foi formulada para ganho de um quilograma/dia. O delineamento estatístico utilizado foi o inteiramente casualizado. No período restrito os indicadores subestimaram o valor de consumo ( $P=0,0001$ ), sendo menor valor foi obtido pelo  $\text{TiO}_2$ . Os valores para produção fecal foram de 0,637; 0,578; 0,449 kg de MS, respectivamente para coleta total, NANOLIPE® e  $\text{TiO}_2$  ( $P=0,0001$ ). A taxa de recuperação do indicador NANOLIPE® apresentou valor 93,37% e o  $\text{TiO}_2$  68,30% ( $P=0,0001$ ) na fase restrita. Para a cinética da fase sólida tanto na fase restrita como na fase *ad libitum* não houve diferença entre raças quanto à cinética de partículas ( $P>0,05$ ). O tempo de trânsito (TT) foi 10 horas após a ingestão da fibra marcada para ambas as raças. Os valores de digestibilidade da matéria seca das novilhas na fase restrita foi de 721,14 e 690,34 g/kg de MS, respectivamente para Guzerá e Nelore ( $P<0,05$ ). O comportamento ingestivo na fase restrita, houve diferença apenas na eficiência de alimentação da matéria seca (EFAL da MS) (33,32 e 18,32 g/min, respectivamente para Guzerá e Nelore) e na eficiência de alimentação da fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (EFAL da FDNcp) (13,89 e 7,64 g/min, respectivamente para Guzerá e Nelore) para as novilhas da raça Guzerá ( $P<0,05$ ). Na fase *ad libitum* os valores para consumo foram de 8,38; 7,56; 7,50 kg de MS, respectivamente para  $\text{TiO}_2$ , consumo real e NANOLIPE® ( $P<0,05$ ). O valor de produção fecal estimada pelo  $\text{TiO}_2$  foi superior à da coleta total e o NANOLIPE® ( $P<0,05$ ). Os valores de digestibilidade da MS foi de 674,01 e 673,23 g/kg de MS, respectivamente para Guzerá e Nelore ( $P>0,05$ ). Os valores de TT foram 7,62 h e 6,69 h, respectivamente para as novilhas Nelore e Guzerá. O grupo Guzerá apresentou superioridade ( $P<0,05$ ) em relação aos animais Nelore na EFAL da MS (49,48 e 26,44 g/min, respectivamente, para Guzerá e Nelore) e EFAL da FDNcp (18,65 e 9,97 g/min, respectivamente para Guzerá e Nelore). Conclui-se que o NANOLIPE® estimou melhor os valores de produção fecal e de consumo na fase *ad libitum*. O  $\text{TiO}_2$  superestimou o valor de consumo e de produção fecal na fase *ad libitum*. As variáveis estudadas para cinética de partículas foram similares nas raças Guzerá e Nelore. As fêmeas da

raça Guzerá apresentaram melhor adaptação a dieta restrita, com aumento da ruminação, que resultou em aumento da digestibilidade.

**Palavras-chave:** ad libitum; cinética do rúmen; comportamento; consumo; produção fecal; restrito

## ABSTRACT

The use of titanium dioxide (TiO<sub>2</sub>) and NANOLIPE® indicators was evaluated to estimate dry matter intake, fecal production and fecal recovery rate. The kinetics of the solid phase with the use of sweetened silage and the ingestive behavior of heifers kept in confinement, submitted to two feeding planes, were evaluated. Twelve heifers were used, six of the Nellore breed and six of the Guzera breed and two diets: in the first (restricted) stage, the diet was formulated to maintain live weight, allowing gains of 200 g / day and in the second phase (ad libitum), the diet was formulated to gain one kilogram / day. The statistical design was completely randomized. In the restricted period the indicators underestimated the value of consumption (P = 0.0001), being lower value was obtained by TiO<sub>2</sub>. The values for faecal production were 0.637; 0.578; 0.499 kg DM, respectively for total collection, NANOLIPE® and TiO<sub>2</sub> (P = 0.0001). The recovery rate of the NANOLIPE® indicator was 93.37% and the TiO<sub>2</sub> 68.30% (P = 0.0001) in the restricted phase. For the kinetics of the solid phase both in the restricted phase and in the ad libitum phase there was no difference between races regarding particle kinetics (P > 0.05). The transit time (TT) was 10 hours after the ingestion of the marked fiber for both breeds. The dry matter digestibility of heifers in the restricted stage was 721.14 and 690.34 g / kg DM, respectively for Guzera and Nellore (P < 0.05). The ingestive behavior in the restricted phase was different only in the feed efficiency of the dry matter (DMFE) (33.32 and 18.32 g / min, respectively for Guzera and Nellore) and in the feed efficiency of neutral detergent fiber (13.89 and 7.64 g / min, respectively for Guzera and Nellore) for Guzera heifers (P < 0.05). In the ad libitum phase the values for consumption were 8.38; 7.56; 7.50 kg DM, respectively for TiO<sub>2</sub>, actual consumption and NANOLIPE® (P < 0.05). The fecal production value estimated by TiO<sub>2</sub> was higher than that of total collection and NANOLIPE® (P < 0.05). The digestibility values of DM were 674.01 and 673.23 g / kg DM, respectively for Guzera and Nellore (P > 0.05). The TT values were 7.62 h and 6.69 h, respectively for the Nellore and Guzera heifers. The Guzera group presented superiority (P < 0.05) in relation to the Nellore animals in the DMFE (49.48 and 26.44 g / min, respectively, for Guzera and Nellore) and NDFcp FE (18.65 and 9.97 g / min, respectively for Guzera and Nellore). It is concluded that NANOLIPE® improved the fecal production and consumption values in the ad libitum phase. TiO<sub>2</sub> overestimated the value of consumption and fecal production in the ad libitum phase. The variables studied for particle kinetics were similar in the Guzera and Nellore races. The Guzera females showed better adaptation to the restricted diet, with increased rumination, which resulted in increased digestibility.



**Key-words:** ad libitum; behavior; consumption; fecal production; kinetics of the rumen; restricted

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

Com o aumento da demanda por proteína de origem animal para abastecer uma população que cresce a cada ano, há o interesse em aumentar a produtividade da pecuária de corte, o que acarreta em melhorar a eficiência animal com o fornecimento de alimentos que possam atender a suas exigências com menores custos.

O estudo de estimativas de consumo, produção fecal, taxa de passagem e comportamento ingestivo do animal diante de diferentes dietas é importante para conhecer o potencial produtivo dos animais. Entretanto, para se fazer algumas dessas determinações a metodologia utilizada, muitas vezes trabalhosa e onerosa, pode inviabilizar os trabalhos. A dificuldade em quantificar com precisão o consumo e a produção fecal de bovinos tem sido um tópico recorrente nas discussões científicas, havendo necessidade de mais estudos sobre indicadores de alta confiabilidade.

O bom indicador deve possuir propriedades específicas como: ser inerte; não tóxico ao animal e à pessoa que administrará; não apresentar função fisiológica; não ser absorvido nem metabolizado; ser completamente recuperado nas fezes; misturar-se bem ao alimento e permanecer uniformemente distribuído na digesta; não influenciar secreções intestinais, absorção ou motilidade, nem a microflora do trato digestivo; apresentar método específico e sensível de determinação, e apresentar baixo custo (Rodríguez et al., 2006).

O dióxido de titânio ( $TiO_2$ ) e o NANOLIPE® são indicadores que podem ser utilizados, da mesma forma que o óxido crômico ( $Cr_2O_3$ ), apresentando potencial para ser utilizado como indicador externo em ensaios de digestibilidade (Astigarraga, 1997) e para estimar o consumo de dietas (Rodríguez et al., 2006).

A estimativa da cinética de trânsito de partículas em ruminantes é realizada por meio da utilização de indicadores, que são complexados com a fração fibrosa do alimento, tendo a vantagem de não exigir animais fistulados (Detmann et al., 2001).

O comportamento ingestivo do animal é avaliado pelos tempos de alimentação, ruminação, ócio, eficiência de alimentação e eficiência de ruminação (Dado e Allen, 1995). Animais que estão sob restrição alimentar podem alterar seu comportamento ingestivo, sua taxa de passagem e produção fecal, como forma de tentar ajustar sua exigência nutricional com a quantidade de alimento disponível. E esses ajustes servem como mecanismo para reduzir o gasto de energia necessária com a atividade de se alimentar quando o alimento é ofertado de maneira restrita para o animal (Dias et al., 2011).

Dessa maneira, objetivou-se avaliar os indicadores dióxido de titânio ( $\text{TiO}_2$ ) e do NANOLIPE® como método para estimar a produção fecal, avaliar a taxa de passagem da fase sólida da dieta e avaliar o comportamento ingestivo de novilhas da raça Nelore e Guzerá submetidas a dois planos alimentares.

Para atingir os objetivos do trabalho, no capítulo I fez-se uma revisão de literatura para embasamento técnico, no capítulo II foi descrito o estudo do uso de indicadores de produção fecal e estimativa de consumo, no capítulo III foi abordado o estudo da taxa de passagem na fase sólida com uso da fibra mordantada e no capítulo IV o estudo do comportamento ingestivo das novilhas Nelore e Guzerá.

## 2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASTIGARRAGA, L. Técnicas para la medición del consumo de rumiantes en pastoreo. In: SIMPÓSIO SOBRE AVALIAÇÃO DE PASTAGENS COM ANIMAIS, 2007, Maringá. *Anais...* Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 1997. p.1-23.

DADO, R. G.; ALLEN, M. S. Intake limitation, feeding behavior and rumen function of cows challenged with rumen fill from dietary fiber or inert bulk. *J. D. Sci.*, v.78, n.1, p.118-133, 1995.

DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S. C.; PAULINO, M. F. et al. Cromo e indicadores internos na determinação do consumo de novilhos mestiços, suplementados, a pasto. *Rev. Bras. Zootec.*, v.30, n.5, p.1600-1609, 2001.

DIAS, R. S.; PATINO, H. O.; LOPEZ, S.; et al. Relationships between chewing behavior, digestibility, and digesta passage kinetics in steers fed oat hay at restricted and ad libitum intakes. *J. An. Sci.*, v.89, p.1873–1880, 2011.

RODRÍGUEZ, N. M. Uso de indicadores para estimativa de consumo a pasto e digestibilidade. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43., 2006, João Pessoa. *Anais...* João Pessoa: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2006. p.323-352.

# CAPÍTULO I

## 1. REVISÃO DE LITERATURA

### 1.1. Consumo de Matéria Seca

O consumo de matéria seca (CMS) é controlado por fatores que podem variar dependendo da situação, podendo estar ligados ao animal (raça, sexo e peso corporal); fatores ligados ao alimento (composição da dieta, forma física, digestibilidade, taxa de passagem e palatabilidade); fatores ligados ao manejo e ambiente (tempo de acesso ao alimento, a frequência de alimentação, o espaço disponível, número de animais por lote, a temperatura e umidade), além de estabelecer a relação entre o comportamento ingestivo e o consumo voluntário (Pazdiora et al., 2011; Ribeiro et al., 2011).

Dentre os fatores que são referentes ao animal, como exemplo, pode ser citado os animais em fase de crescimento, apresentam CMS diretamente relacionado ao peso corporal e à taxa de ganho de peso e à composição da dieta. Outro fator ligado ao animal que pode alterar o CMS é a diferença entre os sexos, sendo que as fêmeas apresentam menor ganho do que os machos, mas em contrapartida, depositam maior proporção de gordura, razão pela qual podem ser terminadas em períodos mais curtos (Suarez, 2014).

Os fatores inerentes aos alimentos, relacionam-se principalmente com a composição química destes. Alimentos com maior concentração de energia, quando consumidos na quantidade adequada, proporcionam melhor desempenho, permitindo alcançar o peso ideal de abate de forma precoce. Outro aspecto importante é maior disponibilidade de energia para a obtenção de acabamento de carcaça desejável para animais em terminação (Suarez, 2014).

A adição de concentrado pode ocasionar um incremento no CMS. Este aumento no CMS pode ocorrer, exclusivamente, em função da adição de componentes com alto teor de matéria seca. Outro aspecto importante relacionado a adição de concentrado é o aumento da digestibilidade da dieta como um todo. Isto resultará em maior taxa de passagem da digesta, favorecendo o esvaziamento do trato gastro intestinal (TGI), o que implicará em aumento no CMS (McMeniman et al., 2010).

Os fatores relacionados ao ambiente tem efeito pela duração do fotoperíodo que afetam de maneira positiva ou negativa o CMS, sendo que os parâmetros climáticos correspondem a

10% da variação do consumo desses animais (Suarez, 2014). Bond et al. (1978) observaram que o período de alimentação dos bovinos é influenciado pelo tempo total da luz do dia, sendo o CMS menor em dias com menor período de luz, o que ocorre principalmente no outono e inverno.

De acordo com Nascimento et al. (2009) variações bruscas na temperatura podem afetar de forma significativa o consumo voluntário, pois pode desestabilizar a sua homeotermia, que é a capacidade de manter a sua temperatura corporal em níveis constantes para consumo, digestão, absorção e metabolismo. A produtividade ou mesmo a sobrevivência animal, depende principalmente de sua capacidade em manter a temperatura corporal dentro de certos limites (Cardoso et al., 2014).

Segundo Pereira et al. (2009), a possibilidade de o alimento ser ingerido pelo animal depende da ação de fatores que interagem em diferentes situações de alimentação, comportamento animal e meio ambiente. O consumo voluntário é a quantidade de alimento que um animal ingere durante determinado período, durante o qual tem livre acesso ao mesmo (Forbes, 1996). Esse consumo é regulado por três mecanismos: o psicogênico, o fisiológico e o físico. O mecanismo psicogênico envolve a resposta do animal a fatores inibidores ou estimuladores relacionados ao alimento ou ao ambiente. O sabor, odor, textura, aparência visual de um alimento e interações sociais podem modificar a intensidade do consumo de um alimento (Mertens, 1994).

No mecanismo fisiológico, a regulação é feita pelo balanço nutricional ou status energético, ou seja, por suas exigências de manutenção e produção (Mertens, 1994) e pode ser interpretada em uma situação em que, no CMS, a ingestão energética seja igual à do requerimento animal. O mecanismo físico, relaciona-se à capacidade de distensão do rúmen (Mertens, 1994; Cardoso et al., 2014). Outros fatores como tamanho e condição corporal, raça e *status* fisiológicos também influenciam o consumo, pois alteram os requerimentos nutricionais, além da mencionada capacidade de distensão ruminal (Van Soest, 1994).

O CMS é uma das variáveis que influenciam o desempenho animal, apresentando uma relação inversa ao conteúdo de fibra em detergente neutro (FDN) da dieta (Mertens, 1994). Quando a disponibilidade de alimento limita o consumo, os animais alteram o comportamento ingestivo, utilizando mecanismos como diminuição do tamanho de bocado ou aumento da taxa de bocados (Fischer et al, 1998). Dulphy et al. (1980) observaram que a duração da atividade de ingestão diminuiu de aproximadamente 350 para 290 minutos quando o teor de fibra bruta foi aumentado de 20 para 35% da matéria seca.

O aumento de ingestão de volumoso, especialmente de baixa qualidade, reduz a taxa de degradação da dieta, aumentando o tempo de retenção e favorecendo a permanência do alimento por mais tempo no TGI (Ribeiro et al., 2011). O tempo de ingestão e ruminação é proporcional à quantidade total de parede celular ingerida (Barros, 2008), ocasionando aumentos do número de mastigadas por dia, do tempo de ruminação, do tempo de mastigação por unidade de MS e FDN consumida e da taxa de passagem de FDN pelo rúmen (Dado e Allen, 1995). Contudo, a alimentação contendo alto teor de FDN promove redução no CMS total, devido à limitação provocada pela repleção do rúmen-retículo (Van Soest, 1994).

A alta correlação entre a FDN e a fase de regulação física do consumo se dá principalmente em virtude do alto volume ocupado pela fração da parede celular das forragens (Mertens, 1994). As características de baixa densidade e de degradação mais lenta quando comparada ao conteúdo celular também influenciam na regulação física (Van Soest, 1994). A distensão no compartimento rúmen-reticular provocada pelo enchimento estimula receptores na camada muscular localizados, principalmente, no retículo e saco cranial, onde receptores são estimulados e respondem com a distensão do órgão (Detmann et al., 2003).

A ação mecânica da mastigação da forragem aumenta a fração potencialmente digestível da FDN e aparentemente aumenta a adesão microbiana as partículas, diminuindo o tempo necessário para degradar o alimento no rúmen. A saliva adicionada no alimento durante a mastigação desempenha um papel importante, solubilizando a matéria seca digestível da planta, e serve como um meio enriquecido para o crescimento microbiano (Beauchemin, 1992).

Bailey (1962) enfatizou que nos ruminantes, a secreção de saliva durante a alimentação é abundante e a maioria dos alimentos tornam-se saturados com fluido durante o tempo em que estão expostos pela ensalivação na boca. A mastigação e ensalivação produzem mudanças na forragem ingerida que aumenta a susceptibilidade da fibra pelo ataque dos microorganismos do rúmen. Isto afeta a taxa posterior da digestão do alimento e, indiretamente, a capacidade de ingestão do alimento pelo animal.

A distensão ruminal ocasionada por ingestão de forragens de baixa degradabilidade podem ocasionar limitação do consumo às vezes, antes mesmo das necessidades energéticas serem atendidas. Entretanto, com forragens de alta degradabilidade, a regulação do consumo parece estar também relacionada com a liberação dos nutrientes do rúmen, e não apenas pelo efeito da distensão ruminal (Sousa, 2007).

Zhang et al. (2014) verificaram que cordeiros que tiveram acesso por apenas 4 h por dia ao pasto apresentaram maior capacidade de adaptar a sua atividade comportamental pelo aumento da ingestão de pastagem em um mesmo período de tempo, diminuindo a proporção de

tempo de descanso e acelerando a taxa mastigação para melhorar a eficiência de pastejo para compensar o tempo de acesso reduzido ao pasto, obtendo mesmo desempenho de ingestão de MS e crescimento de cordeiros que não sofreram restrição de acesso.

## 1.2. Indicadores para Estimativas de Produção Fecal

O CMS é um fator de grande importância na nutrição animal, apresentando alta relação com o desempenho produtivo em bovinos (Berchielli et al., 2006). Contudo, para se obter esses valores é necessário avaliar a excreção fecal dos animais. O método padrão de avaliação da digestibilidade e produção fecal é feito a coleta total de fezes, entretanto, esse método requer rigoroso controle de ingestão e excreção, que o torna trabalhoso e oneroso, principalmente quando se trata de animais de grande porte e/ou criados em sistema de pastejo.

A digestibilidade corresponde à capacidade de utilização dos nutrientes dos alimentos pelos animais, sendo definida como a proporção da dieta ingerida que não foi excretada nas fezes. A digestibilidade é estimada pela diferença entre as quantidades diárias de matéria seca ou nutrientes ingeridos e a quantidade de matéria seca ou nutrientes excretados nas fezes (Berchielli et al., 2006):

$$\text{Digestibilidade da MS} = \frac{\text{MS ingerida} - \text{MS excretada}}{\text{MS ingerida}} \times 100$$

Entretanto existem situações nas quais a mensuração do consumo de matéria seca ou da produção fecal são laboriosas ou dificultadas por situações do manejo, como por exemplo quando os animais se encontram a pasto ou sem individualização durante o consumo. Por este motivo existe a busca por métodos alternativos ao procedimento de coleta total de fezes. Possibilitando o uso de substâncias denominadas de “indicadores”, que permitem a estimativa da produção fecal dos animais a partir de amostras de fezes obtidas seguindo protocolos pré-estabelecidos de coletas (Rodrigues et al., 2010).

Os indicadores são substâncias indigestíveis, não absorvidas pelo trato digestivo, podendo ser interno, que é aquele que ocorre naturalmente no alimento ou pode ser externo que é adicionado na ração ou administrado de forma oral ou colocado direto no rúmen (Zeoula et al., 2002). A utilização destes indicadores pode permitir a obtenção de uma série de informações importantes para nutrição de ruminantes, tais como taxa de passagem da digesta nos diversos



compartimentos do trato gastrointestinal (TGI), digestibilidade total e parcial de nutrientes (Valentini et al., 2012).

De acordo com Berchielli et al. (2007) um indicador que estime a produção fecal pode não ser adequado para estimar a cinética ruminal, devido à migração de partículas, separação de fases, inibição da digestão e efeito osmótico no intestino, dessa maneira, é importante determinar o objetivo final da utilização do indicador, para a partir de então determinar qual o indicador deverá ser utilizado.

O bom indicador deve possuir propriedades específicas como: ser inerte; não tóxico ao animal e a pessoa que o administrará; não apresentar função fisiológica; não ser absorvido nem metabolizado; ser completamente recuperado nas fezes; misturar-se bem ao alimento e permanecer uniformemente distribuído na digesta; não influenciar secreções intestinais, absorção ou motilidade, nem a microflora do trato digestivo; apresentar método específico e sensível de determinação e apresentar baixo custo (Rodríguez et al., 2006).

Os indicadores podem estar classificados em indicadores interno ou externo. Os indicadores internos são substâncias naturalmente presentes nos alimentos que compõe a dieta do animal. Os indicadores externos são substâncias que não são encontradas nos ingredientes da dieta, sendo intencionalmente adicionados em quantidades e intervalos previamente determinados (Berchielli et al., 2000).

A determinação da produção de matéria seca fecal (PMSF) com a utilização de indicadores é determinada pela razão entre a quantidade fornecida ou consumida do indicador por sua concentração nas fezes, segundo a fórmula proposta por Berchielli et al. (2006):

$$\text{PMSF (g)} = \frac{\text{Indicador Ingerido (g)}}{\text{Concentração do Indicador nas Fezes (g/g)}}$$

O óxido crômico ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ) é um indicador externo amplamente utilizado para determinação da excreção fecal. Contudo, existem várias limitações relacionadas à utilização do  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  como indicador externo da produção fecal. Estas limitações incluem mistura incompleta com a digesta ruminal, taxa de passagem ruminal maior que a taxa de passagem apresentada pelo material fibroso e possibilidade de acúmulo em alguma parte do TGI (Paixão et al., 2007; Silva et al., 2010). Assim sendo, diversos indicadores têm sido estudados como alternativa à utilização do  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ , como por exemplo o dióxido de titânio e a lignina purificada e enriquecida (LIPE®).

O dióxido de titânio ( $\text{TiO}_2$ ) é uma substância com comportamento semelhante ao observado para o  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  e possui potencial para ser utilizado como indicador externo em ensaios de digestibilidade (Astigarraga, 1997).

A lignina purificada e enriquecida (LIPE®) possui características desejáveis para um bom indicador apresentando resultados com alta acurácia em estudos de digestibilidade, tendo como principal vantagem de apresentar maior estabilidade durante a passagem pelo TGI do animal, sendo que sua concentração e seu fluxo possuem pouca variação e alta capacidade de recuperação fecal (Ferreira et al., 2009).

### 1.3. O Dióxido de Titânio ( $\text{TiO}_2$ )

A estimativa individual de consumo utilizando indicadores como o  $\text{TiO}_2$  surge como alternativa ao  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  por não possuir propriedades carcinogênicas (Myers et al., 2004). O  $\text{TiO}_2$  é formado por meio das reações dos minérios de titânio (Ti) com ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), ou pela reação com gás cloreto. O  $\text{TiO}_2$  é um pó branco, seco e finamente pulverizado, quimicamente inerte e termicamente estável, inodoro e insolúvel em água (Ferreira e Daniel, 2004). Sua determinação pode ser realizada colorimetricamente (Myers, 2004).

O  $\text{TiO}_2$  pode ser utilizado na estimativa da digestibilidade em bovinos, já que Titgemeyer et al. (2001) utilizaram o  $\text{TiO}_2$  como indicador para estimar a produção fecal de novilhos alimentados com feno de prairie. Foi observada uma taxa de recuperação fecal média de 93% e de acordo com os autores, as digestibilidades da matéria seca calculadas utilizando o  $\text{TiO}_2$  não foram diferentes daquelas determinadas a partir de coletas totais de fezes.

Ferreira et al. (2009) avaliaram o uso de indicadores externos  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$  e LIPE® para estimativa da digestibilidade em bovinos, cujo o ensaio teve duração de 15 dias, sendo dez dias de adaptação e cinco dias para coleta total de fezes e amostras de alimento e fezes. O fornecimento dos indicadores externos foi iniciado sete dias antes e mantido durante o período de coleta. Os autores verificaram que os indicadores externos não diferiram significativamente daquela determinada por coleta total de fezes e não houve diferença na digestibilidade da matéria seca entre os períodos de coleta.

#### **1.4. LIPE® e NANOLIPE®: Nanotecnologia aplicada ao LIPE® (Lignina Purificada e Enriquecida)**

O LIPE® foi originado na Escola de Veterinária da UFMG, sendo um composto formado a partir da lignina isolada e enriquecida do *Eucalyptus grandis* com grupamentos fenólicos, dando origem a um hidroxifenilpropano modificado e enriquecido para ser utilizado como indicador externo para avaliar o consumo e a digestibilidade de dietas (Rodríguez et al., 2006).

Esse indicador apresenta como principal vantagem ter maior estabilidade durante a passagem pelo TGI do animal, sendo que sua concentração e seu fluxo pouco variam e pode ser recuperado nas fezes quase que em sua totalidade. Outras vantagens deste indicador são baixo custo e curto período de adaptação (aproximadamente, 48 h) (Saliba et al., 2004).

Segundo Rodríguez et al. (2006) o LIPE® não apresenta variação diurna de excreção nas fezes, possibilitando o fornecimento e amostragem das fezes uma vez ao dia, fato esse que não ocorre com o Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, já que Detmann et al. (2001) e Kozloski et al. (2006) verificaram interação entre os horários de coletas e as concentrações de cromo nas fezes.

Avanços metodológicos na obtenção do LIPE® permitiram a evolução do mesmo em um novo indicador, o qual foi chamado NANOLIPE® (Saliba et al., 2011). O NANOLIPE® foi obtido devido a modificações físico-químicas durante a fabricação do LIPE® as quais garantiram uma redução significativa no tamanho das partículas do indicador a escala nano. Segundo esses mesmos autores esse tamanho reduzido das partículas do indicador permite que sua dispersão ao longo do trato digestivo ocorra mais rapidamente, com consequente redução do tempo experimental (Couto Filho, 2012).

Couto Filho (2012) comparou as estimativas de produção fecal e digestibilidade em vacas leiteiras por meio de diferentes indicadores (LIPE®, NANOLIPE® e Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) em bovinos e foi verificado que o Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> superestimou a produção fecal e, consequentemente, subestimou a digestibilidade (MS, PB, FDN, EE, CNF), enquanto que os indicadores externos LIPE® e NANOLIPE® permitiram estimar a produção fecal e a digestibilidade de maneira acurada.

Figueiredo (2011) avaliou os indicadores externos Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, TiO<sub>2</sub>, LIPE® e NANOLIPE® para estimativa de digestibilidade aparente de nutrientes e produção fecal em ovinos. Não houve diferença significativa entre os indicadores Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> e LIPE® para estimativa de digestibilidade aparente dos nutrientes, quando comparado com a coleta total. Na estimativa de produção fecal, não houve diferença significativa entre os indicadores Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, NANOLIPE® e a coleta total.

Silva et al. (2010) avaliaram a eficácia dos indicadores  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  e LIPE® nas estimativas do consumo de matéria seca (CMS) de novilhas mestiças Holandês x Zebu, mantidas em confinamento e submetidas a quatro dietas. O  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  subestimou o consumo das novilhas, independente da dieta fornecida, e os resultados diferiram daqueles medidos no cocho e dos obtidos com os demais indicadores. Não houve diferença entre os valores obtidos pelo LIPE® e os valores mensurados no cocho. Sendo assim, o LIPE® aparece como uma metodologia com maior acurácia, quando comparado ao  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ , para determinação do CMS em novilhas Holandês x Zebu confinadas.

### **1.5. A Taxa de Passagem da Fase Sólida**

A taxa de passagem é definida como o fluxo de resíduos não-digeridos de origem alimentar e das bactérias através do trato digestivo. O fluxo ruminal é constituído pela fibra indigestível, bactérias e outras frações não-degradadas do alimento, a composição e o volume da dieta são variáveis que podem alterar a taxa de digestão e a reciclagem do conteúdo ruminal (Van Soest, 1994).

A variação no tempo de retenção do alimento no retículo-rúmen, pode influenciar os processos de digestão e de assimilação dos nutrientes (Soares et al., 2001). Por conseguinte, a taxa de passagem desse alimento no rúmen é uma variável importante na regulação do consumo.

No rúmen encontra-se em atividade um sistema com conteúdos heterogêneos de digesta líquida e sólida e estratificação deste conteúdo em diferentes camadas, tornando o processo digestivo um sistema dinâmico que envolve a entrada de alimentos no rúmen e a saída de líquidos, microrganismos e resíduos não-digeridos (Pereira et al., 2005). Além disso, existem os movimentos de contração e relaxamento das paredes musculares e pilares ruminais que contribuem para manter contínuo o processo de fermentação (Van Soest, 1994). Este processo que ocorre pode contribuir na dispersão do bolo ruminal, misturar a saliva com a digesta, ajudar na aderência dos microrganismos no alimento ingerido e facilitar a remoção dos produtos finais da digestão.

Os ruminantes despendem um esforço considerável para mover a digesta. A densidade, a pressão osmótica e o pH podem afetar a propulsão, sendo que partículas densas podem ir para o fundo e resistir ao escape. A pressão osmótica ou o pH podem afetar a eficiência dos processos digestivos e o ritmo dos músculos do TGI (Martz e Belyea, 1996).

A passagem da digesta do rúmen para o abomaso é controlada pelo orifício retículo-omasal (ORO) e os movimentos de contração do rúmen determinam o volume de digesta que sai do rúmen (Ulyatt et al., 1984). A mastigação e a ruminação do alimento promovem a exposição da estrutura interna da planta para o ataque microbiano e reduz o tamanho das partículas. Essa ruptura das partículas do alimento facilita a passagem pelo ORO (Van Soest, 1994).

A taxa de redução do alimento a partículas com tamanho compatível com a passagem pelo ORO e a taxa de degradação pelos microrganismos são os fatores mais importantes que limitam o desaparecimento de digesta do rúmen (Queiroz et al., 2010). Outros fatores que podem influenciar a taxa de passagem podem ser citados a natureza da dieta, o tamanho, a densidade das partículas e nível de ingestão. A estratificação das partículas no rúmen como também as contrações reticulares que afetam a abertura do ORO, que tem influência direta na saída da fração sólida e líquida do rúmen (Seo et al., 2009).

A quantidade de alimento consumido é provavelmente a variável mais importante associada com o tempo de retenção de digesta no TGI dos ruminantes. O aumento no CMS, implica em distensão ruminal, estimulando os receptores mecânicos presentes na parede do rúmen-retículo, resultando em aumento no número de contrações ruminais (Balch e Campling, 1962). Esse aumento no número de contrações ruminais provoca aumento na motilidade ruminal, permitindo, portanto, maior escape da digesta. As forças propulsoras no rúmen são o principal mecanismo que movimenta a digesta para fora do rúmen, no entanto, essas forças são influenciadas pelo volume de material dentro do compartimento (Balch e Campling, 1962).

## **1.6. Modelos de Avaliação da Taxa de Passagem**

Diversos modelos matemáticos não-lineares podem ser utilizados para ajuste das curvas da concentração fecal do indicador em função do tempo transcorrido desde sua administração. A determinação dos parâmetros da dinâmica da passagem das partículas no TGI pode ser realizada após a mensuração do indicador utilizado (Queiroz et al., 2010).

Os modelos existentes permitem estimar parâmetros da cinética de passagem, a partir do ajuste dos dados a diferentes modelos, denominados bi-compartimentais, como os propostos por Pond et al. (1988) e Moore et al. (1992). Estes modelos explicam o mecanismo de escape das partículas e dos fluidos do rúmen, e contribuem para melhorar a predição e o ajuste do aporte de nutrientes ao animal.

Já Grovum e Williams (1973) utilizaram dois termos exponenciais como compartimentos de mistura e um terceiro compartimento, tubular, como tempo de trânsito e propuseram um método gráfico para calcular os parâmetros. Este modelo é usado quando se considera o processo de passagem nos diferentes segmentos do trato digestivo como sendo independente do tempo de permanência nos diferentes compartimentos. Isto mostra que há igual probabilidade de escape para todas as partículas alimentares sem considerar o tamanho ou a idade.

O modelo proposto por esses autores permite estimar a taxa de passagem lenta ( $k_1$ ) que representa a saída do indicador do rúmen-retículo e a taxa de passagem rápida ( $k_2$ ) que é passagem do indicador pelo ceco e cólon (Grovum e Williams, 1973). Este modelo ( $y$ ) é bi-compartimental bi-exponencial tempo-independente que pode ser demonstrado da seguinte forma:

$$Y = A_1 e^{-k_1(t-TT)} - A_2 e^{-k_2(t-TT)}, \text{ para } t \geq TT \text{ e } Y=0, \text{ para } t < TT$$

Em que:

$A_1$  e  $A_2$  = são indefinidos do ponto de vista biológico, apresentando apenas valor matemático.

$k_1$  e  $k_2$  = correspondem, respectivamente, às taxas de passagem no rúmen-retículo e no ceco e cólon proximal;

$TT$  = refere-se ao tempo transcorrido desde a dosificação até o primeiro aparecimento do marcador nas fezes.

$t$  = horário de colheita das fezes

### **1.7. O Cromo-Mordante para Taxa de Passagem**

Um bom indicador deve se comportar exatamente como a partícula alimentar, não alterando o processo normal de mistura e fluxo. Para estimar o fluxo, o indicador deve aderir à partícula do resíduo indigerido e não influenciar o fluxo da partícula marcada (Ellis et al., 1984).

Indicadores são compostos usados para monitorar os aspectos químicos (hidrólise e síntese) e físico (fluxo) da digesta (Queiroz et al., 2010) e por isso esses indicadores devem atender a quatro requisitos, sendo esses: não serem absorvidos; não afetar a população microbiana do TGI; devem seguir em paralelo ou ser semelhantes fisicamente ou fortemente

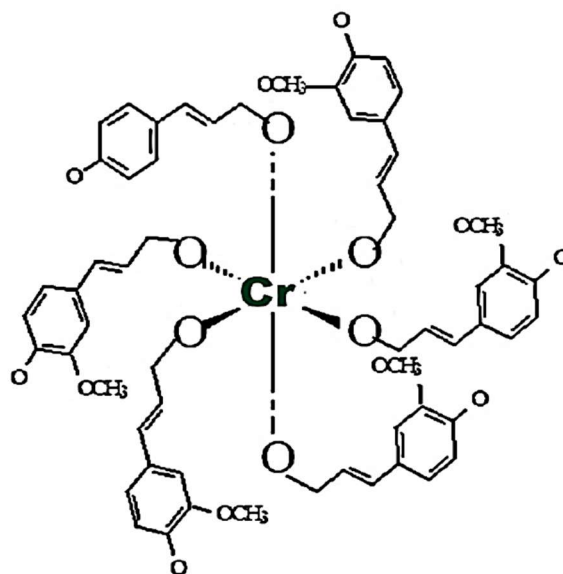
associados com o material que deve ser marcado; o método de estimação nas amostras de fezes ou da digesta deve ser específico e sensível (Pond et al., 1988).

A estimativa da taxa de passagem em ruminantes tem sido realizada por indicadores complexados com a fração fibrosa do alimento, em procedimento de dose única, com amostragens fecais subsequentes em intervalos de tempo pré-definidos. O objetivo desta estimativa é caracterizar a curva de excreção desse indicador, que é submetida ao ajuste de modelos não lineares por processos iterativos (Detmann et al., 2001).

O uso de indicadores para a taxa de passagem tem a vantagem de não exigir animais fistulados. Entretanto, há necessidade de realizar diversas amostragens de fezes, via ampola retal, para que seja possível detectar o comportamento da excreção ao longo do tempo após fornecer o material marcado. Este comportamento está relacionado com padrão dos perfis de excreção do marcador, o qual tem uma fase inicial ascendente, pico (pulso) de excreção e, por fim, uma fase descendente assintótica (Abreu, 2016).

A fibra mordantada com cromo (Cr-mordente) é bastante utilizada na estimativa da taxa de passagem da fase sólida do alimento nos ruminantes (Berchielli et al., 1996). A fibra mordente tem como objetivo formar um indicador permanentemente ligado a essa fração do alimento, assim o cromo (Cr) faz ligações covalentes com a matéria orgânica do alimento (Figura 1) na forma iônica de dicromato ( $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ ) (Van Soest, 1994).

A técnica de utilização do Cr-mordente é conhecida como dose pulso e consiste na aplicação de uma única dose e subsequente amostragem fecal em tempos definidos (Úden et al., 1980).



**Figura 1.** Ligações entre o Cr e os possíveis sítios de ligações na fibra, mais especificamente nos fenilpropanóides da lignina (Adaptado Abreu, 2016).

Os complexos de Cr com a parede celular de plantas são insolúveis e estáveis no rúmen (Udén et al., 1980). O Cr indisponibiliza a porção do alimento, devido à força de ligação, fazendo com que o Cr e a fibra permaneçam ligados durante todo processo digestório até o seu surgimento nas fezes (Van Soest, 1994).

O Cr forma ligação covalente via grupo hidroxila (Figura 1) e quando ligado a parede celular, é inibitório, ou seja, reduz a digestibilidade do material ligado a ele e forma ligações resistentes à ação enzimática. As soluções de Cr complexado, reagem com substâncias que possuem grupos carboxílicos livres, oxalatos, fosfatos, parede celular microbiana e saliva, dessa maneira, não devem ser administradas diretamente no rúmen, e sim complexadas às partículas do alimento (Van Soest, 1994).

### **1.8. O Comportamento Ingestivo em Bovinos**

O estudo do comportamento ingestivo nos ruminantes é definido pelo tempo que o animal utilizou para ingerir o alimento, pela frequência com que o animal visita o cocho para alimentação, ruminação e ócio. A diversidade de objetivos e condições experimentais nos estudos realizados, proporcionaram várias opções de metodologias como na forma de observações visuais, registros semi-automáticos e automáticos. Segundo Dulphy et al. (1980), os parâmetros visuais selecionados para o estudo do comportamento ingestivo foram: o tempo gasto para a alimentação ou ruminação, número de alimentações ao longo do dia, períodos de ruminação e eficiência de alimentação e ruminação.

Durante a avaliação é importante respeitar o intervalo entre as observações, pois quanto menor o intervalo entre observações, menor o risco de falhas na avaliação do comportamento. Mezzalira et al. (2011) avaliaram os tempos de pastejo de novilhas em pastagem obtidos de forma visual em intervalos de 5 minutos e a partir dos dados originais, calcularam-se os intervalos de observação de 10, 15 e 20 minutos. Foram utilizadas quatro novilhas mestiças Angus × Nelore divididas em quatro tratamentos (ofertas de forragem de 4, 8, 12 e 16 kg de MS/100 kg de peso vivo). Os autores observaram que quando o objetivo da avaliação de comportamento ingestivo foi descrever atividades de pastejo e ruminação, observações a cada 20 minutos foram suficientes nesse estudo para detectar essas mudanças de comportamento. É importante frisar que esses intervalos podem necessitar de alteração de acordo com o ambiente e a condição experimental em que os animais se encontram.

Os ruminantes regulam sua ingestão com o objetivo de atender as suas necessidades nutricionais, especialmente para exigência de energia (Dulphy et al., 1980), sendo que animais



mantidos em regime de confinamento, podem gastar em torno de uma hora para consumir alimentos ricos em energia, ou podem gastar até seis horas para consumir alimentos com baixo teor de energia (Neumann et al., 2009).

O estudo do comportamento ingestivo é importante na avaliação de dietas, mesmo que seja em ambiente controlado (Neumann et al., 2009), pois dessa maneira há possibilidade de fazer ajustes apropriados com desenvolvimento de modelos que sirvam de suporte para pesquisas e visem o ajuste de técnicas no manejo alimentar almejando melhor desempenho produtivo do animal (Mendonça et al., 2004).

Forbes (1995) descreveu que os bovinos são animais que vivem em grupos e quando eles se alimentam, dois tipos de influência social podem acontecer, um é a facilitação social e o outro é o comportamento agonista. A facilitação social aumenta a ingestão de alimento, enquanto o comportamento agonista reduz a ingestão de alimento dos animais subordinados. Outro fator que interfere no comportamento ingestivo dos bovinos é o estresse, ocasionado por fatores sociais (animais dominantes presente no grupo que atrapalham a ingestão alimentar dos outros) ou ambientais (altas temperaturas, sem sombras ou água o suficiente para proporcionar conforto ao animal) e dependendo da sua duração pode provocar diminuição no consumo e, conseqüentemente, afetar o desempenho dos animais (Ribeiro et al., 2011).

O ócio caracteriza-se por momentos em que o animal não está ingerindo alimentos ou água, e também não está ruminando. A duração do período de ócio pode ser influenciada por diversos fatores, como por exemplo, a estação do ano, sendo normalmente maior o tempo de ócio durante os meses mais quentes do ano (Marques et al., 2005). A alta temperatura, associada à umidade relativa do ar elevada, afetam a temperatura retal e a frequência respiratória, reduzindo a ingestão de alimento (NRC, 2000). Os animais em estresse térmico tendem a permanecer maior período em locais de sombra e, conseqüentemente a ingestão fica diminuída (Sousa, 2007).

Stricklin e Kautzscanavy (1983) revisaram vários trabalhos que avaliaram a influência da genética sobre a diferença na taxa de ruminação entre animais gêmeos monozigotos (Hancock, 1953), diferença entre vacas da raça Angus e Charolês quanto ao tempo de ócio (Stricklin et al., 1976), diferença entre o consumo de forragem de baixa qualidade em ambientes com temperaturas mais elevadas de animais zebuínos e taurinos. Os autores observaram que em todos esses estudos, existem particularidades em cada animal que podem influenciar o comportamento ingestivo, alterando a resposta por indivíduo.

Em um desses estudos foi observado que os animais da raça zebuína apresentaram maior CMS em relação aos animais da raça taurina quando foram submetidos à uma dieta com

forragem de baixa qualidade nutricional em ambiente com temperatura elevada. Os autores observaram que os animais zebuínos não apresentaram diferença no CMS devido a temperatura do ambiente, diferente dos taurinos que apresentaram estresse devido a temperatura refletindo diretamente no CMS (Warwick e Cobb (1975), citado por Stricklin e Kautzscanavy (1983)).

O comportamento alimentar de bovinos geralmente segue um padrão de alimentação diurna, em condições ótimas de temperatura, com um breve período (3 a 4 h) pela manhã, alimentação correspondente ao nascer do sol, seguido por um longo período de atividade alimentar no período da tarde, quando o pôr do sol se aproxima (6-7 h) (Stricklin e Kautzscanavy, 1983).

Hancock (1953) citado por Stricklin e Kautzscanavy (1983) relatou que os picos de pastejo ocorrem ao amanhecer e entardecer e pode haver variação de acordo com a latitude e o fotoperíodo, sendo mais comum que ocorre a atividade de ruminação mais durante a noite.

A temperatura elevada reduz o consumo de alimento, principalmente quando os animais são alimentados com dietas contendo altos teores de fibra. Os ruminantes ao ingerirem o alimento, realizam breve mastigação antes da deglutição, após algum tempo, esse alimento retorna a boca para a ruminação que é uma atividade que permite a redução do tamanho das partículas dos alimentos, favorecendo, a degradação e melhorando absorção dos nutrientes (Sousa, 2007).

## **1.9. Ingestão do Alimento**

Os períodos gastos com a ingestão de alimentos são intercalados com um ou mais períodos de ruminação ou de ócio. Os animais consomem por curtos espaços de tempo, sendo esses espaços de tempo são definidos como uma refeição. Normalmente os animais dão preferência para se alimentar na parte do dia, exceto quando há alguma interferência, como altas temperaturas. Nesses casos os animais preferem ingerir o alimento nos horários mais frescos do dia (Silva et al., 2005).

De acordo com Silva (2014) o estudo do comportamento ingestivo aliado à seletividade dos ingredientes com adequada frequência de alimentação é importante para aumentar a produtividade e eficiência do rebanho. O conhecimento do tempo que os animais passam no cocho para se alimentar e dos horários de preferência para se alimentarem, é importante para estabelecer estratégias de manejo adequadas para cada situação.

Com o aumento da frequência de alimentação, os animais aumentam o número de visitas ao cocho e reduzem o tempo em ócio (Silva, 2014). Os animais que ficam em regime de

confinamento são estimulados a procurar o alimento nos momentos da oferta do mesmo (Damasceno et al., 1999). Pazdiora et al. (2011) não observaram diferença no ganho de peso e CMS de novilhas em confinamento alimentadas uma ou duas vezes ao dia.

O horário, a frequência e o intervalo entre as refeições influenciam a distribuição das atividades ingestivas durante o dia e a adequada frequência de alimentações com dieta balanceada pode ser um dos fatores de otimização em ganho de peso e eficiência para bovinos de corte (Silva, 2014).

De acordo com Sniffen e Robinson (1984) algumas hipóteses indicam que a alimentação menos freqüente durante o dia leva ao aumento da variação das características ruminais. Com o aumento da frequência de alimentação, há menor ocorrência de picos de queda pH ruminal, melhorando a saúde no rúmen e elevando a digestão da fibra.

Mendonça et al. (2004) avaliaram o comportamento ingestivo de 12 vacas Holandesas ou com algum grau de sangue Holandês, consumindo silagem de milho e concentrado na proporção de 60: 40, ou cana-de-açúcar e concentrado nas proporções de 60:40 ou 50:50. Não houve diferença nos tempos despendidos com alimentação e ruminação entre as dietas experimentais. Já o tempo em ócio foi menor nos animais que consumiram silagem de milho, em comparação aos animais consumindo cana-de-açúcar. O tempo de mastigação total (TMT) foi maior ( $P < 0,05$ ) para a dieta à base de silagem de milho.

Ao estudarem os efeitos das diferentes quantidades de suplementação concentrada (0,25%; 0,50%; 0,75% e 1,00% do peso vivo) sobre o comportamento ingestivo em 16 novilhas mestiças Holandês x Zebu mantidas em pastagem de *Brachiaria decumbens* sem nenhum sombreamento, Silva et al. (2005) observaram que o tempo gasto em pastejo e ruminação não sofreu efeito ( $P > 0,05$ ) dos tratamentos, enquanto o tempo de ócio foi reduzido ( $P < 0,05$ ) pelos níveis de suplementação testados e que os consumos totais de MS, FDN e FDA, sofreram efeito quadrático em relação aos níveis de suplementação.

A formação de lotes de animais pode interferir também no comportamento ingestivo. Phillips (2004) estudou os efeitos do fornecimento de forragem para bezerros criados em grupo ou individualmente sobre o seu comportamento alimentar, 24 bezerros foram criados em grupos de três ou individualmente com idade de uma a sete semanas. A ingestão e o tempo gasto com alimentação foram maiores para os bezerros agrupados do que para os bezerros individualizados. O tempo de ruminação foi maior nos animais em grupo, em função do maior consumo de forragem.

Bonilha et al. (2015) avaliaram a diferença de sexo sobre a eficiência da utilização dos alimentos entre machos e fêmeas da raça Nelore. As fêmeas passaram mais tempo comendo

( $P < 0,0001$ ) e menos tempo de ruminando ( $P < 0,0001$ ) que os machos. No entanto, a eficiência de alimentação foi maior e eficiência de ruminação foi menor para os machos. Os machos consumiram 16,6% mais alimento em 15,3% menos tempo, gastaram 9,32% mais tempo ruminando. Isto indica menor gasto energético para alimentação.

O tipo de dieta formulada pode também afetar o comportamento ingestivo, a ingestão do alimento e o balanço do fluido ácido-base ruminal. O equilíbrio ácido-base do rúmen requer a sincronização de tempo entre a produção de ácido e de neutralização através da saliva, assim como eliminação por meio de absorção, saída do rúmen, e metabolização. Maiores proporções de volumoso na dieta e maior tamanho de partícula conduzem a taxa mais lenta de ingestão e maior tempo de ruminação o que favorece a produção de saliva (González et al., 2012).

A taxa de secreção de saliva durante ruminação (25 mL/min) é semelhante ao que ocorre durante a ingestão (20 mL/min) e cerca de 2 vezes maior do que em repouso (10 mL/min) (González et al., 2012). Depois de ser mastigado na boca, o alimento ingerido vai para rúmen-retículo onde a fermentação feita pelos microorganismos formando os ácidos orgânicos. Esses ácidos orgânicos podem diminuir o pH ruminal (González et al., 2012). Quanto maior for a velocidade de ingestão do alimento, mais baixa é a quantidade de saliva por unidade de alimento. A velocidade de ingestão pode ser influenciada pela proporção de forragem, tamanho das partículas, teor de umidade dos alimentos, competição pelo alimento ou pressão social (Bailey, 1962).

### **1.10. Atividade de Ruminação no Comportamento Ingestivo**

Segundo Van Soest (1994), a ruminação é a atividade que sofre maior alteração diante de modificações feitas na dieta, sejam estas modificações de caráter químico ou físico. O tempo gasto na ruminação pelos bovinos está diretamente relacionado com a quantidade de fibra presente na dieta (Van Soest, 1994).

Como o consumo de fibra é altamente correlacionado com o tempo destinado para ruminação (Albright, 1993), o tamanho de partícula também constitui um fator que exerce grande influência nos tempos despendidos nessa atividade para manter a eficiência na redução das partículas dos alimentos. Este fato já não ocorre quando os animais são alimentados com dietas contendo alimentos concentrados e fenos finamente triturados ou peletizados, pois nesse caso normalmente há redução no tempo de ruminação (Van Soest, 1994).

Os animais em confinamento apresentam períodos gastos com a ingestão de alimentos intercalados com períodos de ruminação ou de ócio (Pazdiora et al., 2011). Em condições

normais os bovinos utilizam o período noturno para ruminarem (Pinto et al., 2010). Segundo Damasceno et al. (1999), os animais em ambientes sem estresse, normalmente ruminam deitados. Entretanto, em estresse pelo calor, os animais passam a ruminar mais tempo em pé.

O tempo total de ruminação pode variar de quatro até nove horas, sendo dividido em períodos de poucos minutos a períodos com duração superior a uma hora. A atividade de ruminação pode ocorrer com o animal em pé ou deitado, sendo que esta última posição demonstra uma condição de conforto e bem-estar animal (Sousa, 2007).

### **1.11. Atividade do Ócio no Comportamento Ingestivo**

O ócio é definido como o tempo em que o bovino não está ingerindo alimento, água, ou ruminando, sendo que durante esse tempo de ócio o animal permanece em pé ou em decúbito. Este decúbito geralmente é ventral, permanecendo poucos momentos em decúbito lateral, provavelmente pela obstrução do cárdia pelo alimento contido no rúmen, o que dificultaria a eructação para liberação dos gases da fermentação (Sousa, 2007). O tempo total destinado para o ócio pode variar entre 9 a 12 horas por dia (Albright, 1993).

Segundo Burger et al. (2000), o tempo despendido em alimentação e ruminação diminuiu o tempo de ócio e aumentou linearmente em função do aumento da quantidade de concentrado, quando estudaram o comportamento ingestivo em bezerros holandeses com dietas contendo diferentes níveis de concentrado (30, 45, 60, 75 e 90% com base na MS).

De acordo com Pazdiora et al. (2011) o aumento do tempo de ócio dos animais é importante, pois implica na diminuição de atividade física, contribuindo para o melhor desempenho do animal, em função do menor gasto de energia em atividades.

Alguns fatores como a frequência de alimentação podem interferir no tempo utilizado pelos animais para a ingestão, ruminação, outras atividades e ócio. Os animais recebendo a dieta uma única vez ao dia demandaram mais tempo no consumo e ruminação que os alimentados duas vezes ao dia (Ribeiro, et al., 2011). Pazdiora et al. (2011), apesar de não terem observado diferença no consumo de matéria seca em novilhas alimentadas uma ou duas vezes ao dia, notou que aquelas alimentadas duas vezes empregaram mais tempo alimentando-se e tiveram menos tempo de ócio.

## 1.12. Bem-estar animal

O bem-estar animal é definido como sendo “o estado de harmonia entre o animal e seu ambiente, caracterizado por condições física e fisiológica ótima e alta qualidade de vida dos animais” (Hurnik, 1992). A preocupação com questões relevantes ao bem-estar dos animais de produção é crescente para consumidores nacionais e internacionais. Na Europa, 73% dos consumidores do Reino Unido, 75% dos franceses, 83% dos húngaros e suecos, 84% dos noruegueses e 87% dos italianos acreditam que o bem-estar dos animais de produção é importante (Quintiliano e Paranhos da Costa, 2013).

Os animais mostram sinais inequívocos que refletem dor, angústia, medo, frustração, raiva, e outras emoções que indicam sofrimento. É difícil saber o grau de satisfação do animal com seu ambiente, contudo, a manifestação de certos comportamentos se constitui em evidência do desconforto como a privação de estímulos ambientais leva à frustração que pode se refletir em comportamentos anômalos ou estereótipos (Quintiliano e Paranhos da Costa, 2013).

O estresse é uma reação do organismo a uma reação do ambiente, numa tentativa de manter a homeostase. Mas o estresse crônico, entretanto, leva a uma outra reação, conhecida como “desistência aprendida”. O animal “aprende” que sua reação ao meio desfavorável não resulta em adaptação e, portanto, deixa de reagir. Essa condição tem inúmeras consequências para o organismo animal como, maior fragilidade do sistema imunológico, aumentando a suscetibilidade a doenças; redução da produtividade em alguns casos e ocorrência de comportamento anômalo (Sousa, 2005).

Uma vertente para melhorar o bem-estar animal é o chamado “enriquecimento ambiental”, que consiste em introduzir melhorias no próprio confinamento, com o objetivo de tornar o ambiente mais adequado às necessidades comportamentais dos animais. O fator humano também é importante para o bem-estar dos animais. O manuseio diário dos animais, ou a maneira como o tratador se relaciona com o animal, voz, contato físico, interação geral, pode influenciar o comportamento e a produtividade do animal (Sousa, 2005). Os animais gostam de rotina e reconhecem as pessoas pela imagem, odor, voz, caminhar. Os tratadores devem ser sempre os mesmos, usar uniformes e realizar a mesma rotina.

Com base nos estudos sobre o comportamento animal o Conselho do Bem-Estar de Animais de Produção do Reino Unido (Farm Animal Welfare Council – FAWC) desenvolveu as “cinco liberdades” que são: 1) livres de fome e sede; b) livres de desconforto; 3) livres de

dor, ferimentos e doenças; 4) livres para expressar seu comportamento natural; 5) livres de medo e angústia (Molento, 2005).

A compreensão do comportamento dos bovinos é uma eficaz ferramenta na definição de estratégias adequadas ao manejo desde a alimentação até a qualidade da carne que está diretamente relacionada ao bem-estar animal (Quintiliano e Paranhos da Costa, 2013).

A eficiência da produção depende do equilíbrio entre funcionários e animais, o manejo errado do rebanho bovino pode gerar grandes prejuízos para a fazenda. O aperfeiçoamento das práticas de manejo pode tornar os sistemas produtivos mais competitivos, pois, além de evitar perdas, é possível incrementar a produção com o melhoramento e a adequação no manejo dos animais. Isso sem mencionar um produto final diferenciado, uma carne bovina de qualidade, com atributos que atualmente são valorizados pelos principais mercados internacionais, como a União Européia (Oliveira et. al, 2008).

## 2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, M. L. C. *Estudo da cinética de trânsito da fase sólida no trato gastrintestinal de ruminantes quanto à indelebilidade de indicadores*. Rio de Janeiro. 2016. 141 f. Tese (Doutorado), Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes.

ALBRIGTH, J. L. Feeding behavior of dairy cattle. *J. D. Sci.*, v.76, n.2, p.485-498, 1993.

ASTIGARRAGA, L. Técnicas para la medición del consumo de rumiantes en pastoreo. In: SIMPÓSIO SOBRE AVALIAÇÃO DE PASTAGENS COM ANIMAIS, 2007, Maringá. *Anais...Maringá: Universidade Estadual de Maringá*, 1997. p.1-23.

BAILEY, C. B. Rates of digestion of swallowed and unswallowed dried grass in the rumen. *Can. J. Anim. Sci.*, v.42, p.49-54, 1962.

BALCH, C. C., CAMPLING, R. C. Regulation of voluntary intake in ruminants. *Nutr. Abst. Rev.* v.32, p.669, 1962.

BARROS, R. C. *Substituição da silagem de sorgo por cana-de-açúcar ou bagaço de cana amonizado com uréia no confinamento de bovinos Nelore*. Minas Gerais. 2008. 124f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual de Montes Claros, Montes Claros.

BEAUCHEMIN, K. A. Effects of digestive and ruminative mastication on digestion of forage by cattle. *Anim. Feed. Sci. Techn.*, v.1, p.41-56, 1992.

BERCHIELLI, T. T; VEJA, A. G; REIS, R. A. Técnicas de avaliação de consumo em ruminantes: Estado da arte. In: RENNÓ, F.P.; SILVA, L.F.P. (Eds.) Simpósio Internacional Avanços em Técnicas de Pesquisa em Nutrição de Ruminantes. 2007. Pirassununga. *Anais... Pirassununga*, 2007. p. 305-341.



BERCHIELLI, T. T.; VEGA, A. G.; OLIVEIRA, S. G. *Nutrição de ruminantes: Principais técnicas de avaliação em estudo de nutrição*. Jaboticabal: ed. FUNEP, 2006. p. 397-421.

BERCHIELLI, T. T.; ANDRADE, P.; FURLAN, C. L. Avaliação de marcadores internos em ensaios de digestibilidade. *Rev. Bras.Zootec.*, v.29, n.3, p.830-833, 2000.

BERCHIELLI, T. T.; RODRÍGUEZ, N. M.; GONÇALVES, L. C. Polietilenoglicol e cobalto-EDTA como marcadores da fase líquida ruminal. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v. 48, p. 463-471, 1996.

BOND, J.; OLTJEN, R. R.; WEINLAND, B. T. Nonprotein nitrogen adaptation: intake and eating patterns of steers. *J. Anim. Sci.*, v.47, p.957-966, 1978.

BONILHA, S. F.; CYRILLO, J. N. S. G; SANTOS, G. P.; et al. Feed efficiency, blood parameters, and ingestive behavior of young Nellore males and females. *Trop. Anim. Health Prod.*, v.47, p.1381–1389, 2015.

BÜRQUER, P. J.; PEREIRA, J. C.; QUEIROZ, A. C.; et al. Comportamento ingestivo em bezerros holandeses alimentados com dietas contendo diferentes níveis de concentrado. *Rev. Bras. Zootec.*, v.29, n.1, p.236-242, 2000.

CARDOSO, E. S.; SANTANA JÚNIOR, H. A.; SANTANA, E. O. C.; et al. Reguladores de consumo de bovinos em pastagem: Recentes avanços. *Rev. Eletrôn. Nutr.*, v.11, n.05, p.3672–3682, 2014.

COUTO FILHO, C. C. C. *Indicadores de digestão total, parcial e síntese de proteína microbiana em bovinos*. Minas Gerais. 2012. 103 f. Tese (Doutorado), Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

DAMASCENO, J. C., BACCARI Jr, F.; TARGA, L. A. Respostas comportamentais de vacas holandesas, com acesso à sombra constante ou limitada. *Pesq. Agr. Bras.*, 34: 709-715, 1999.

DETMANN, E.; QUEIROZ, A. C.; CECON, P. R.; et al. Consumo de Fibra em Detergente Neutro por Bovinos em Confinamento. *R. Bras. Zootec.*, v.32, n.6, p.1763-1777, 2003 (Supl. 1).

DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S. C.; PAULINO, M. F. et al. Cromo e indicadores internos na determinação do consumo de novilhos mestiços, suplementados, a pasto. *Rev. Bras. Zootec.*, v.30, n.5, p.1600-1609, 2001.

DULPHY, J. P.; REMOND, B.; THERIEZ, M. *Digestive physiology and metabolism in ruminants*. Ingestive behavior and related activities in ruminants. Lancaster: ed. MTP, 1980. p.103-122.

ELLIS, W. C.; BEEVER, K. C. *Techniques in particles size analysis of feed and digest in ruminants*. Methods for binding rare earths to specific feed particles. Edmonton: ed. Canadian Society of Animal Science, 1984. p.154-165.

FERREIRA, M. A.; VALADARES FILHO, S. C.; COSTA E SILVA, L. F.; et al. Avaliação de indicadores em estudos com ruminantes: estimativa de consumos de concentrado e de silagem de milho por vacas em lactação *R. Bras. Zootec.*, v.38, n.8, p.1574-1580, 2009.

FERREIRA, I. V. L.; DANIEL, L. A. Fotocatalise heterogênea com o TiO<sub>2</sub> aplicada ao tratamento de esgoto sanitário secundário. *Eng. Sanit. Ambiental*, v.9, n.4, 2004.

FIGUEIREDO, M. R. P. *Indicadores externos de digestibilidade aparente em ovinos*. Minas Gerais. 2011. 86f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia), Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

FISCHER, V.; DESWYSEN, A. G.; DÈSPRES, L. et al. Padrões nictemerais do comportamento ingestivo de ovinos. *Rev. Bras. Zootec.*, v.27, n.2, p.362-369, 1998.

FORBES, J. M. Integration of regulatory signals controlling forage intake in ruminants. *J. An. Sci.*, v.74, p.3029-3035, 1996.

FORBES, J. M. *Voluntary food intake and diet selection in farm animals*. Wallingford: CAB International, 1995. 532p.

GONZÁLEZ, L. A.; MANTECA, X.; CALSAMIGLIA, S.; et al. Ruminal acidosis in feedlot cattle: Interplay between feed ingredients, rumen function and feeding behavior (a review). *An. F. Sci. Tec.*, v.172, p.66– 79, 2012.

GROVUM, W. L.; WILLIAMS, V. J. Rate of passage of digesta in sheep. 4. Passage of marker through the alimentary tract and the biological relevance of rate-constants derived from the changes in concentration of marker in faeces. *Brit. J. Nutr.*, v.30, n.3, p.313-329, 1973.

HANCOCK, J. Grazing behaviour of cattle. *An. Breed. Abstract*, v.21, p.1-13, 1953.

HURNIK, J. F. *Farm animals and the environment*. Behaviour (Eds.). Wallingford: CAB International, 1992, p. 235-244.

KOZLOSKI, G. V. et al. Uso de óxido de cromo como indicador da excreção fecal de bovinos em pastejo: variação das estimativas em função do horário de amostragem. *Ciên. R.*, Santa Maria, v.36, n.2, p.599-603, 2006.

MARQUES, J. A.; MAGGIONI, D.; ABRAHAO, J. J. S.; et al. Comportamento de touros jovens em confinamento alojados isoladamente ou em grupo. *Arch. Latinoam. Prod. Anim.*, v.13, p.97-102, 2005.

MARTZ, F. A.; BELYEA, R. L. Role of particle size and forage quality in digestion and passage by cattle and sheep. *J. D. Sci.*, v.69, n.7, p.1996-2008, 1996.

McMENIMAN, J. P.; TEDESCHI, L. O.; DEFOOR, P. J.; GALYEAN, M. L. Development and evaluation of feeding-period average dry matter intake prediction equations from a commercial feedlot database. *J. Ani. Sci.*, v. 88, p. 3009-3017, 2010.

MENDONÇA, S. S.; CAMPOS, J. M. S.; VALADARES FILHO, S. C. et al. Consumo, produção e composição de leite, variáveis ruminais de vacas leiteiras alimentadas com dietas à base de cana-de-açúcar. *Rev. Bras. Zootec.*, v. 33, n. 2, p. 481-492, 2004.

MERTENS, D. R. *Regulation of forage intake*. Forage quality evaluation and utilization. Nebraska: American Society of Agronomy, 1994. 988p.

MEZZALIRA, J. C.; CARVALHO, P. C. F.; FONSECA, L.; et al. Aspectos metodológicos do comportamento ingestivo de bovinos em pastejo. *Rev. Bras. Zootec.*, v.40, n.5, p.1114-1120, 2011.

MOLENTO, C. F. M. Bem-estar e produção animal: Aspectos econômicos – revisão. *Ar. Vet. Sci.*, v.10, n.1, p. 1-11, 2005.

MOORE, J. A.; POND, K. R.; POORE, M. H. et al. Influence of model and marker on digesta kinetic estimates for sheep. *J. Ani. Sci.*, v.70, p.3526-3540, 1992.

MYERS, W. D.; LUDDEN, P. A.; NAYIGIHUGU, V. et al. Thecnical Note: a procedure for the preparation and quantitative analysis of samples for titanium dioxide. *J. Ani. Sci.*, v.82, n.1, p.179-183, 2004.

NASCIMIENTO, M. L.; FARJALLA BALDINI, F. Y.; NASCIMIENTO, J. L. Consumo voluntario de bovinos. *Rev. Elet. Vet.*, v.10, n.10, p.695-7504, 2009.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. Nutrient requirements of beef cattle. 7.ed. Washington: National Academy Press, 2000. 242p.

NEUMANN, M.; RESTLE, J.; MUHLBACH, R. F.; et al. Comportamento ingestivo e de atividades de novilhos confinados com silagens de milho de diferentes tamanhos de partícula e alturas de colheita. *Ciên. An. Bras.*, v.10, n.2, p.462-473, 2009.

OLIVEIRA, C. B.; BORTOLI, E. C.; BARCELLOS, J. O. J. Diferenciação por Qualidade da Carne Bovina: a Ótica do Bem-Estar Animal. *Ciên. R.*, Santa Maria, v.38, n.7, p.2092-2096, 2008.

PAIXÃO, M. L.; VALADARES FILHO, S. C.; LEÃO, M. I.; et al. Variação diária na excreção de indicadores interno (FDAi) e externo (Cr2O3), digestibilidade e parâmetros ruminais em

bovinos alimentados com dietas contendo uréia ou farelo de soja. *Rev. Bras. Zootec.*, v.36, n.3, p. 739-747, 2007.

PAZDIORA, R. D.; BRONDANI, I. L.; FLORIANO DA SILVEIRA, M.; et al. Efeitos da frequência de fornecimento do volumoso e concentrado no comportamento ingestivo de vacas e novilhas em confinamento. *Rev. Bras. Zootec.*, v.40, n.10, p.2244-2251, 2011.

PEREIRA, E. S.; MIZUBUTI, I. Y.; RIBEIRO, E. L. A.; et al. Consumo, digestibilidade aparente dos nutrientes e comportamento ingestivo de bovinos da raça Holandesa alimentados com dietas contendo feno de capim-tifton 85 com diversos tamanhos de partícula. *Rev. Bras. Zootec.*, v.38, n.1, p.190-195, 2009.

PEREIRA, J. C.; RIBEIRO, M. D.; VIEIRA, R. A. M.; et al. Avaliação de modelos matemáticos para o estudo da cinética de passagem de partículas e de fluidos por bovinos em pastagem recebendo suplementos contendo diferentes níveis de proteína não-degradável no rúmen. *R. Bras. Zootec.*, v.34, n.6, p.2475-2485, 2005 (supl.)

PINTO, A. P.; MARQUES, J. A.; ABRAHÃO, J. J. S.; et al. Comportamento e eficiência ingestiva de tourinhos mestiços confinados com três dietas diferentes. *Arch. Zootec.*, v. 59 (227), p.427-434, 2010.

PHILLIPS, C. J. C. The Effects of Forage Provision and Group Size on the Behavior of Calves *J. Dairy Sci.* v.87, p.1380–1388, 2004.

POND, K. R.; ELLIS, W. C.; MATIS, J. H. et al. Compartment models for estimating attributes of digesta flow in cattle. *Brit. J. Nut.*, v.60, n.3, p.571-595, 1988.

QUEIROZ, M. A. A.; SUSIN, I.; PIRES, A. V.; et al. Características físico-químicas de fontes proteicas e suas interações sobre a degradação ruminal e a taxa de passagem. *R. Bras. Zootec.*, v.39, n.7, p.1587-1594, 2010.

QUINTILIANO, M. H.; PARANHOS DA COSTA, M. J. R. Influência do bem estar animal na eficiência de sistemas de produção intensivo de bovinos. 2013. Mato Grosso. II SIMBOV *Anais...* II Simpósio Matogrossense de Bovinocultura de Corte.

RIBEIRO, E. L. A.; MIZUBUTI, I. Y.; FERREIRA DA SILVA, L. D.; et al. Desempenho, comportamento ingestivo e características de carcaça de cordeiros confinados submetidos a diferentes frequências de alimentação. *Rev. Bras. Zootec.*, v.40, n.4, p.892-898, 2011.

RODRIGUES, P. H. M.; GOMES, R. C.; SIQUEIRA, R. F. Acurácia, precisão e robustez das estimativas da digestibilidade aparente da matéria seca determinada com o uso de indicadores em ovinos. *Rev. Bras. Zootec.*, v.39, n.5, p.1118-1126, 2010.

RODRÍGUEZ, N. M. Uso de indicadores para estimativa de consumo a pasto e digestibilidade. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43., 2006, João Pessoa. *Anais...* João Pessoa: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2006. p.323-352.

SALIBA, E. O. S.; BARBOSA, G. S. S. C.; RODRÍGUEZ, N. M.; et al. Utilization of nanotechnology to the development of a marker of fecal output in dairy cattle. In: 8th International Symposium on the Nutrition of Herbivores (ISNH8), 2011, Aberystwyth, Wales, UK. Abstract published in *Advances in Animal Biosciences*, 2011.

SALIBA, E.O.S.; FERREIRA, W. M.; RODRÍGUEZ, N. M.; et al. Lignin from eucalyptus as indicator for rabbits in digestibility trials. *Trop. Subtrop. Agro.*, v.3, n.1, p.107-109, 2004.

SEO, S.; LANZAS, C.; TEDESCHI, L. O.; et al. Development of a mechanistic model to represent the dynamics of particle flow out of the rumen and to predict rate of passage of forage particles in dairy cattle. *J. D. Sci.*, v.92, p.3981-4000, 2009.

SILVA, J. *Frequências de alimentação sobre o comportamento ingestivo, digestibilidade do amido e flutuação de consumo em bovinos nelore confinados*. São Paulo. 2014. 44f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Animal), Universidade Estadual Paulista, Dracena.

SILVA, J. J.; SALIBA, E. O. S.; BORGES, I.; et al. Indicadores para estimativa de consumo total por novilhas holandês x zebu mantidas em confinamento. *Rev. Bras. Saúde Prod. An.*, v.11, n.3, p.838-848, 2010.

SILVA, R. R.; CARVALHO, G. G. P.; MAGALHÃES, A. F.; et al. Comportamento ingestivo de novilhas mestiças de holandês em pastejo. *Arch. Zootec.* v.54, p.63-74. 2005.

SOARES, J. P. G.; AROEIRA, L. J. M.; VERNEQUE, R. S.; et al. Estimativas do Consumo e da Taxa de Passagem do Capim-Elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) sob Pastejo de Vacas em Lactação. *Rev. Bras. Zootec.*, v.30(6S), p.2183-2191, 2001.

SNIFFEN, C. J.; ROBINSON, P. H. Nutritional strategy. *Can. J. Ani. Sci.* v. 64, p. 529-542. 1984.

SOUSA, M. S. *Comportamento ingestivo de bovinos em Sistema de pastejo rotacionado submetidos a diferentes estratégias de suplementação*. São Paulo. 2007. 136f. Tese (Doutorado em Zootecnia), Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal.

SOUSA, P. *Exigências atuais de bem-estar animal e sua relação com a qualidade da carne*. EMBRAPA Suínos e Aves, Artigos. 2005.

SOUZA, S. R. M. B. O.; ÍTAVO, L. C. V; RÍMOLI, J.; et al. Comportamento ingestivo diurno de bovinos em confinamento e em pastagens. *Arch. Zootec.*, v.56 (213), p.67-70. 2007.

STRICKLIN, W. R.; KAUTZSCANAVY, C. C. The role of behavior in cattle production: a review of research. *App. An. Eth.*, v.11, p.359-390, 1983.

STRICKLIN, W. R.; WILSON, L. L.; GRAVES, H. B. Feeding behavior of Angus and Charolais-Angus cows during summer and winter. *J. Anim. Sci.*, v.43, p.721-732, 1976.

SUAREZ, S. L. B. *Fatores envolvidos no consumo de matéria seca*. Minas Gerais. 2014. 48f. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

TITGEMEYER, E. C.; ARMENDARIZ, C. K.; BINDEL, D. J. et al. Evaluation of titanium dioxide as a digestibility marker for cattle. *J. Ani. Sci.*, v.79, n.4, p.1059-1063, 2001.

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

ULYATT, M. J.; WAGHORN, G. C.; JOHN, A.; REID, C. S. W. Effect of intake and feeding

frequency on behaviour and quantitative aspects of digestion in sheep fed chaffed Lucerne hay. *J. Agric. Sci.*, v.102, p.645-657, 1984.

VALADARES FILHO, S. C.; MORAES, E. H. B. K.; DETMANN, E.; et al. Perspectivas do uso de indicadores para estimar o consumo individual de bovinos alimentados em grupo. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43., 2006, João Pessoa. *Anais...* João Pessoa: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2006. p.291-322.

VALENTINI, P. V.; PANCOTI, C. G.; MOURÃO, R. C.; et al. Utilização do dióxido de titânio (TiO<sub>2</sub>) como indicador de excreção fecal em estudos de nutrição de ruminantes. *PUBVET*, Londrina, v.6, n.17, 2012.

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

ZEOULA, L. M.; PRADO, I. N.; DIAN, P. H. M.; et al. Recuperação Fecal de Indicadores Internos Avaliados em Ruminantes. *R. Bras. Zootec.*, v.31, n.4, p.1865-1874, 2002.

ZHANG, X. Q.; LUO, H. L.; HOU, X. Y.; et al. Effect of restricted time at pasture and indoor supplementation on ingestive behaviour, dry matter intake and weight gain of growing lambs. *Liv. Sci.*, v.167, p.137-143, 2014.



## Capítulo II

### Avaliação do uso de indicadores de produção fecal em novilhas Nelore e Guzerá, sob dois planos alimentares

#### RESUMO

Avaliou-se o uso dos indicadores dióxido de titânio ( $\text{TiO}_2$ ) e do NANOLIPE® para estimar o consumo de matéria seca, produção fecal e a taxa de recuperação fecal de novilhas mantidas em confinamento, submetidas a dois planos alimentares. Utilizaram-se 12 novilhas, sendo seis da raça Nelore e seis da raça Guzerá e duas dietas: na primeira fase (restrita), a dieta foi formulada para manutenção do peso vivo, permitindo-se ganhos de 200 g/dia e na segunda fase (*ad libitum*), a dieta foi formulada para ganho de um quilograma/dia. Forneceram-se 10 g de  $\text{TiO}_2$  por animal. As cápsulas da NANOLIPE® foram fornecidas também por via oral, uma vez ao dia (500 mg/dia/novilha). O período de avaliação teve duração de 13 dias e amostragem foi realizada durante cinco dias consecutivos, duas vezes ao dia. A coleta total de fezes foi realizada individualmente durante os últimos cinco dias do ensaio. O delineamento estatístico utilizado foi o inteiramente casualizado. No período restrito os valores de consumo em kg de MS foram de 1,96 e 1,82 kg de MS, respectivamente para as novilhas da raça Guzerá e Nelore ( $P=0,0001$ ). Os indicadores subestimaram o valor de consumo ( $P=0,0001$ ), sendo menor valor foi obtido pelo  $\text{TiO}_2$ . Os valores para produção fecal foram de 0,637; 0,578; 0,449 kg de MS, respectivamente para coleta total, NANOLIPE® e  $\text{TiO}_2$  ( $P=0,0001$ ). A taxa de recuperação do indicador NANOLIPE® apresentou valor 93,37% e o  $\text{TiO}_2$  68,30% ( $P=0,0001$ ) na fase restrita. Na fase *ad libitum* os valores para consumo foram de 8,38; 7,56; 7,50 kg de MS, respectivamente para  $\text{TiO}_2$ , consumo real e NANOLIPE® ( $P<0,05$ ). O valor de produção fecal estimada pelo  $\text{TiO}_2$  foi superior à da coleta total e o NANOLIPE® ( $P<0,05$ ). O  $\text{TiO}_2$  apresentou recuperação fecal de 121,81% e o NANOLIPE® de 111,11% ( $P<0,05$ ). Sendo assim, o NANOLIPE® estimou melhor os valores de produção fecal e de consumo na fase *ad libitum*. O  $\text{TiO}_2$  superestimou o valor de consumo e de produção fecal na fase *ad libitum*. A escolha do indicador deve ser feita de maneira criteriosa para que o estudo não seja comprometido com valores sub ou superestimados de produção fecal.

**Palavra-chave:** consumo, dióxido de titânio, NANOLIPE®, produção fecal

## ABSTRACT

The use of titanium dioxide (TiO<sub>2</sub>) and NANOLIPE® indicators was used to estimate the dry matter intake, fecal yield and fecal recovery rate of heifers kept in confinement, submitted to two feeding planes. Twelve heifers were used, six of the Nellore breed and six of the Guzera breed and two diets: in the first (restricted) stage, the diet was formulated to maintain live weight, allowing gains of 200 g / day and in the second phase (ad libitum), the diet was formulated to gain one kilogram / day. 10 g of TiO<sub>2</sub> per animal were supplied. NANOLIPE® capsules were also given orally once daily (500 mg / day / heifer). The evaluation period lasted 13 days and sampling was performed for five consecutive days, twice a day. Total collection of feces was performed individually during the last five days of the test. The statistical design was completely randomized. In the restricted period the consumption values in kg DM were 1.96 and 1.82 kg DM, respectively for Guzera and Nellore heifers (P = 0.0001). The indicators underestimated the consumption value (P = 0.0001), being lower value was obtained by TiO<sub>2</sub>. The values for faecal production were 0.637; 0.578; 0.499 kg DM, respectively for total collection, NANOLIPE® and TiO<sub>2</sub> (P = 0.0001). The recovery rate of the NANOLIPE® indicator was 93.37% and the TiO<sub>2</sub> 68.30% (P = 0.0001) in the restricted phase. In the ad libitum phase the values for consumption were 8.38; 7.56; 7.50 kg DM, respectively for TiO<sub>2</sub>, actual consumption and NANOLIPE® (P <0.05). The fecal production value estimated by TiO<sub>2</sub> was higher than that of total collection and NANOLIPE® (P <0.05). TiO<sub>2</sub> presented faecal recovery of 121.81% and NANOLIPE® of 111.11% (P <0.05). Therefore, NANOLIPE® improved the fecal production and consumption values in the ad libitum phase. TiO<sub>2</sub> overestimated the value of consumption and fecal production in the ad libitum phase. The choice of indicator should be made in a judicious way so that the study is not compromised with under or overestimated values of fecal production

**Key-words:** Intake, titanium dioxide, NANOLIPE®, fecal production

## 1. INTRODUÇÃO

Para o melhor entendimento de como o ruminante aproveita o alimento oferecido são necessários estudos que determinam o consumo de alimentos, a produção fecal, a digestibilidade e a taxa de passagem. Essas determinações envolvem metodologia difícil e onerosa, e por isso para a quantificação do consumo e da produção fecal têm sido utilizados indicadores.

Os indicadores são caracterizados por substâncias indigestíveis, geralmente administradas com o alimento ou podem estar presentes no alimento e ou em algum segmento do trato gastro intestinal (TGI) para posteriormente serem quantificadas nas fezes, ou ao final do segmento em estudo para posterior cálculo da excreção fecal e do consumo de matéria seca (Dias et al., 2007).

O indicador ideal deve possuir propriedades específicas como: ser inerte, não tóxico ao animal e à pessoa que administrará o indicador, não apresentar função fisiológica, não ser absorvido nem metabolizado, ser completamente recuperado nas fezes, misturar-se bem ao alimento e permanecer uniformemente distribuído na digesta, não influenciar secreções intestinais, absorção ou motilidade, nem a microflora do trato digestivo, apresentar método específico e sensível de determinação, e apresentar baixo custo (Rodríguez et al., 2006).

Os indicadores são classificados como externos, quando adicionados à dieta ou fornecidos via oral ou ruminal aos animais, ou internos, representados pelas frações indigestíveis dos alimentos, geralmente uma fração da parede celular (Berchielli et al. 2000).

Dentre os indicadores externos, destacam-se o óxido crômico ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ) como indicador para determinação da excreção fecal. Contudo, várias limitações são relatadas, tais como incompleta mistura com a digesta ruminal, passagem mais rápida pelo rúmen do que o material fibroso, possibilidade de acúmulo em alguma parte do trato digestivo e por possuir propriedades carcinogênicas (Paixão et al., 2007; Silva et al., 2010). Assim sendo, diversos indicadores têm sido estudados como alternativa à utilização do óxido crômico.

O dióxido de titânio ( $\text{TiO}_2$ ) é uma substância que atua de forma similar à do  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ , e surge como alternativa ao  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  (Myers et al., 2004). O  $\text{TiO}_2$  é formado por meio das reações dos minérios de titânio com ácido sulfúrico, ou pela reação com gás cloro. O  $\text{TiO}_2$  é um pó branco, seco e finamente pulverizado, de constituição inorgânica, quimicamente inerte e termicamente estável, inodoro e insolúvel em água (Ferreira e Daniel, 2004). Sua determinação pode ser realizada colorimetricamente (Myers, 2004).

Outro indicador que vem ganhando espaço é o LIPE®, originada a partir da lignina purificada e enriquecida do *Eucalyptus grandis* com grupamentos fenólicos, dando origem a um hidroxifenilpropano modificado. Pode ser utilizada como indicador externo para avaliar o consumo e a digestibilidade de dietas (Rodríguez et al., 2006). Segundo Saliba et al. (2004), sua principal vantagem é a maior estabilidade durante a passagem pelo TGI do animal, sendo que sua concentração e seu fluxo pouco variam, podendo ser recuperada nas fezes quase que em sua totalidade.

Mais recentemente com o surgimento da nanotecnologia, foi desenvolvido um indicador com as características do LIPE®, porém com propriedades nanométricas, denominado NANOLIPE® (nanotecnologia do LIPE®). Segundo Couto Filho (2012), a rápida dispersão pode proporcionar uma melhor homogeneização do material na digesta e, assim, permitir um equilíbrio de excreção mais rápido.

Dessa maneira, objetivou-se avaliar o uso dos indicadores dióxido de titânio (TiO<sub>2</sub>) e NANOLIPE® como método para estimar a produção fecal em novilhas da raça Guzerá e Nelore sob dois planos alimentares.

## **2. MATERIAIS E MÉTODOS**

### **2.1. Comitê de Ética**

O experimento foi aprovado pelo comitê de ética em experimentação animal (CETEA) com número de protocolo: 220/11 conforme é possível verificar no "Anexo".

### **2.2. Animais e Instalações**

O experimento foi realizado na Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais, entre junho de 2012 a novembro de 2013. Foram utilizadas 12 novilhas com peso vivo inicial médio de  $178 \pm 11$  kg e estavam acima de um ano de idade. Foram utilizadas seis da raça Nelore e seis animais da raça Guzerá. Antes do início do período experimental os animais foram vermifugados (Levamisol + Ivermectina), tratados com ectoparasiticida e receberam vitaminas A, D e E por via subcutânea.

Os animais foram mantidos em galpão de confinamento tipo “*tie stall*” no Laboratório de Metabolismo e Calorimetria (LAMACA) da Escola de Veterinária da UFMG, com piso de concreto, o qual dispunha de tapetes de borracha de 1,0 m<sup>2</sup> (1,0 x 1,0 m) de área e perfurados com crivos de 1,0 cm de diâmetro. Cada animal dispunha de uma área livre de 3 m<sup>2</sup> (2,5 x 1,2 m), provida de cochos e bebedouros individuais. No galpão dos animais havia termohigrômetros com datta-logger, modelo RHT-10, com a finalidade de registrar a cada 30 minutos as diferenças ocorridas nas temperaturas do ambiente durante todo o período de avaliação.

### 2.3. Tratamentos e período experimental

O período experimental foi dividido em duas etapas: consumo restrito e consumo *ad libitum*. Após um período de adaptação à dieta e às instalações, iniciaram-se as dietas experimentais. No início da fase de consumo restrito, os animais tinham o peso vivo médio de 194 ± 9kg e receberam uma dieta próxima à manutenção do peso vivo, com ganhos de até 200g/dia (NRC, 2000). O ganho de peso foi controlado por pesagens semanais, sendo necessários 40 dias para estabilização do mesmo, sendo que os animais nesse período tinham mais de um ano de idade, entretanto apresentavam escore corporal baixo e dessa maneira o ganho compensatório foi mais longo. As avaliações da produção fecal começaram após a adaptação dos animais.

Logo em seguida os animais passaram a receber a mesma dieta na forma *ad libitum*, formulada para ganho de peso de aproximadamente um quilograma/dia (NRC, 2000). A estabilização do consumo e do ganho de peso ocorreu 80 dias após o início do período, quando os animais Nelore e Guzará tinham, respectivamente, peso corporal de 385,83 kg e 394,42 kg. Da mesma forma que no período anterior, as avaliações começaram após esse período de adaptação.

As amostras de oferecido e sobras foram pesadas e amostradas diariamente. As amostras foram embaladas em sacos plásticos e armazenadas em freezer para posteriormente serem analisadas no Laboratório de Nutrição da Escola de Veterinária da UFMG.

As dietas foram compostas por 70% de silagem de milho e 30% de concentrado à base de milho, farelo de soja, núcleo mineral, óxido de magnésio, flor de enxofre e ureia. A composição química média das dietas experimentais encontra-se na Tabela 1. As dietas foram fornecidas aos animais individualmente, duas vezes ao dia, em quantidades iguais, às 08:00 e às 16:00 horas. Os animais tinham livre acesso à água durante todo o período experimental.

**Tabela 1** - Formulação e composição química das dietas experimentais

Ingredientes	Tratamento	
	Restrito	<i>Ad libitum</i>
COMPOSIÇÃO (%)		
Silagem de milho	66,24	68,16
Fubá de milho	12,73	19,07
Farelo de soja	17,29	10,96
Núcleo mineral <sup>1</sup>	1,45	1,37
Ureia	1,19	0,35
Óxido de magnésio	0,74	0,05
Flor de enxofre	0,32	0,02
MS*	27,68	38,16
MO*	90,71	92,93
PB*	19,41	14,22
NDT	65,90	77,08
MM*	9,28	7,06
EE*	3,53	3,01
FDN*	45,81	41,44
FDN <sub>cp</sub> *	41,70	37,97
FDA*	25,27	23,60
LIGNINA	2,38	3,19

<sup>1</sup>Composição: Cálcio: 207g/kg; Fósforo: 90g/kg; Sódio: 50g/kg; Magnésio: 18g/kg; Cobalto: 100mg/kg; Cobre: 750mg/kg; Manganês: 1200mg/kg; Selênio: 30mg/kg; Zinco: 3000 mg/kg; Iodo: 100mg/kg.

\*MS: matéria seca; MO: matéria orgânica; MM: matéria mineral; EE: extrato etéreo; FDN: fibra em detergente neutro; FDN<sub>cp</sub>: fibra em detergente neutro corrigido para cinzas e proteína; FDA: fibra em detergente ácido; PB: proteína bruta; NDT: nutriente digestível total, que foi calculado segundo Sniffen et al. (1992):  $CNDT = (CPB - PBf) + 2,25(CEE - EEf) + (CCHOt - CHOf)$ .

CPB: consumo de PB; CEE: consumo de EE; CCHOt: consumo de CHOt; PBf: PB nas fezes; EEf: EE nas fezes; CHOf: CHOt nas fezes

## 2.4. Análises laboratoriais

As amostras de alimentos oferecidos foram submetidas à pré-secagem a 55°C por 72 horas. Posteriormente foram moídas em moinho estacionário tipo Thomas-Willey, dotados de peneira com crivos de 5mm, para confecção das amostras compostas e posteriormente cada amostra composta foi novamente moída em moinho estacionário dotado de peneira com crivos de 1mm, sendo armazenadas em frascos para a realização das análises laboratoriais.

Uma sub-amostra foi levada à estufa a 105°C por cinco horas para a determinação da matéria seca (MS). O teor de matéria mineral (MM) foi determinado pela queima total de matéria orgânica em mufla a 600°C por quatro horas. O teor de matéria orgânica (MO) foi calculado pela diferença entre a matéria seca (MS) e o conteúdo de cinzas. A partir das cinzas obtidas foram calculados valores de cálcio (Ca) e fósforo (P) (AOAC, 1997).

A proteína bruta foi analisada pelo método de Kjeldhall AOAC (1997). O teor de extrato etéreo foi obtido pelo método Soxlet (AOAC, 1997) para as amostras. A análise de fibra foi realizada em aparelho ANKON® Fiber Analyser (ANKON Technology Corporation, Fairport, EUA) de acordo com o método sequencial proposto Van Soest et al. (1991), para fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e lignina. Logo após realizada a análise sequencial de FDN, o material foi corrigido para cinzas e proteína obtendo o valor para fibra em detergente neutro corrigido para cinzas e proteína (FDN<sub>cp</sub>).

A porcentagem de carboidratos totais (CHOt) foi obtida pela equação proposta por Sniffen et al. (1992), segundo a fórmula:  $CHOt (\%MS) = 100 - [PB (\%MS) + EE (\%MS) + Cinzas (\%MS)]$ .

Para o valor dos nutrientes digestíveis totais (NDT) empregou-se a fórmula proposta por Sniffen et al. (1992):  $NDT = (PB - PBf) + 2,25(EE - EEf) + (CHOt - CHOtf)$ , em que PBf, EEf e CHOtf significam PB, EE e CHOt nas fezes.

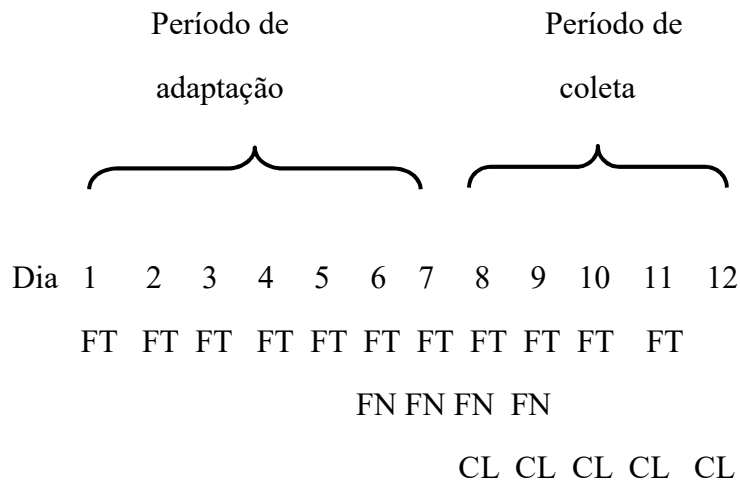
## 2.5. Fornecimento e análise dos indicadores externos

O período de avaliação teve duração de 13 dias, sendo os primeiros oito dias destinados à adaptação dos animais ao indicador externo TiO<sub>2</sub>, de forma a garantir estabilidade no fluxo de excreção do mesmo. Foram utilizados 10 g do TiO<sub>2</sub>/novilha, divididos em duas administrações diárias de cinco g, sempre às 8 h e 16 h, administrados de forma oral. As cápsulas do NANOLIPE® foram fornecidas também por via oral, uma vez ao dia, às 8 h (500 mg/dia/novilha).

O NANOLIPE® foi fornecido a partir do sétimo dia do ensaio, sendo dois dias de adaptação e mais dois dias de fornecimento da cápsula. No nono dia iniciou-se a coleta de amostras de fezes, duas vezes ao dia (às 8 h e às 16:00 h) por um período de cinco dias (Figura 1).

A adaptação do TiO<sub>2</sub> teve duração de sete dias e a partir do oitavo dia do ensaio começaram as coletas de amostras de fezes, também realizadas duas vezes no dia (8 h e as 16:00) por um período de cinco dias (Figura 1).

No plano alimentar restrito o período de coleta total de fezes foi de três dias e no plano alimentar *ad libitum* o período de coleta total de fezes foi de cinco dias (Figura 1).



FT: Fornecimento do dióxido de titânio

FN: Fornecimento do NANOLIPE®

CL: Coleta de fezes

**Figura 1.** Esquema de fornecimento do NANOLIPE®, do dióxido de titânio e coleta de fezes, conforme o dia de cada período experimental.

A coleta total de fezes foi realizada individualmente, durante os últimos cinco dias do ensaio, duas vezes ao dia, sempre às 8 h e às 16 h. As fezes excretadas eram colocadas em bandejas coletoras apropriadas para este fim e adequadamente instaladas na baía de cada animal. A amostragem era feita duas vezes ao dia.

O indicador NANOLIPE® foi analisado pelo método de espectroscopia no infravermelho com transformação de Fourier (IVTF), de acordo com a metodologia de Saliba et al. (2013).

Para o cálculo da produção fecal (PF) estimada pelo NANOLIPE®, utilizou-se a seguinte fórmula (Saliba et al., 2013):

$$PF = \frac{\text{quantidade de NANOLIPE® fornecido} / \text{concentração de NANOLIPE® nas fezes}}{\text{MS } 105^{\circ}\text{C}}$$

O teor de TiO<sub>2</sub> foi determinado segundo Myers et al. (2004) com adaptações. Uma amostra de 0,5 g de fezes foi digerida, por 02 horas, em temperatura de 400°C em tubos para determinação de proteína. Após a digestão, 15 mL de água oxigenada (30%) foram adicionados



lentamente e o material do tubo, transferido para um béquer e completado com água destilada até 100 g. Logo após esse procedimento o material do béquer foi transferido para balões de 100 mL. Na digestão foram utilizados 15 mL de ácido sulfúrico e 5g de mistura digestora para proteína (Kjeldahl). Uma curva padrão foi preparada com 2, 4, 6, 8, 10 mg de dióxido de titânio e as leituras realizadas em espectrofotômetro com comprimento de onda de 410nm.

Para o cálculo da produção fecal estimada pelo  $\text{TiO}_2$ , utilizou-se a seguinte fórmula:

$$\text{PFTiO}_2 \text{ (g MS/dia)} = \frac{\text{TiO}_2 \text{ fornecido (g/dia)}}{(\% \text{TiO}_2 \text{ nas fezes/MS } 105^\circ\text{C})}$$

Em que:

$\text{PFTiO}_2$  = produção fecal obtida pelo dióxido de titânio,

$\text{TiO}_2$  fornecido: quantidade de dióxido de titânio fornecido,

$\% \text{TiO}_2$  nas fezes: a porcentagem de dióxido de titânio nas fezes;

MS  $105^\circ\text{C}$ : a matéria seca  $105^\circ\text{C}$  das fezes coletas.

O cálculo de consumo de matéria seca a partir da produção fecal estimada pelos indicadores foi obtido pela razão entre a produção fecal e o inverso da digestibilidade, conforme a equação de Prigge et al. (1981):

$$\text{Consumo (kg/dia de MS)} = \frac{\text{Produção fecal estimada}}{(1 - \text{Digestibilidade})}$$

Em que: o valor de digestibilidade utilizado na fórmula de consumo foi determinado por Souza (2016).

Para os cálculos da taxa de recuperação fecal do indicador, utilizou-se a fórmula, segundo Vasconcellos *et al.* (2004), descrita a seguir:

$$\text{Taxa de Recuperação} = \frac{\text{Produção fecal pelo indicador} \times 100}{\text{Produção fecal pela coleta total}}$$

A recuperação fecal dos indicadores foi calculada a partir dos valores de produção fecal obtidos com uso dos indicadores externos (TiO<sub>2</sub> e NANOLIPE®) e produção fecal obtida pela coleta total das fezes. Os valores encontrados por meio dos indicadores foram comparados ao valor de 100%, que representa recuperação fecal completa de um indicador.

## 2.6. Delineamento estatístico

O delineamento experimental utilizado para avaliação da produção fecal, consumo e taxa de recuperação dos indicadores em cada período (restrito e *ad libitum*) foi inteiramente ao acaso, constituído por três indicadores e seis repetições, com cada animal representando uma parcela experimental, conforme o modelo estatístico:

$$Y_{ij} = M + R_i + e_{ij}, \text{ em que:}$$

$Y_{ij}$  = valor referente a observação da raça  $i$

$M$  = média geral;

$R_i$  = efeito do indicador  $i$  ( $i = 1, 2$ );

$e_{ij}$  = erro aleatório associado às observações.

Os parâmetros analisados foram submetidos à análise de variância, utilizando-se o SAS, admitindo-se 5,0% como nível crítico de probabilidade para o erro tipo I e quando verificada diferença estatística entre os tratamentos foi utilizado o teste de T.

## 3. RESULTADO E DISCUSSÃO

Na tabela 2 estão os valores de consumo real comparados com os valores de consumo estimado a partir do uso dos indicadores no plano restrito. O consumo em kg de MS e em g de MS sobre kg de peso metabólico elevado a potência 0,75 (g MS/kg PM<sup>0,75</sup>) para as novilhas da raça Guzerá foram superiores ao consumo das novilhas da raça Nelore ( $P < 0,05$ ). O consumo em porcentagem de peso vivo (%PV) foi igual para ambas as raças ( $P > 0,05$ ).

Nas observações feitas sobre os diferentes indicadores em relação ao consumo real, os indicadores subestimaram o valor de consumo tanto em kg de MS, em %PV e em g MS/kg PM<sup>0,75</sup> (P=0,0001), sendo menor valor o do TiO<sub>2</sub>.

**Tabela 2.** Valores médios de consumo de matéria seca, em kg de MS/dia, em porcentagem de peso vivo (%PV), em gramas de MS sobre kg de peso metabólico elevado a potência 0,75 (g MS/kg PM<sup>0,75</sup>), para consumo real, consumo estimado pelo dióxido de titânio (TiO<sub>2</sub>) e pelo NANOLIPE® na fase restrita

Variável	Indicadores				Valor de P***
	Fase Restrita				
	Nelore	Guzerá	EPM**		
Consumo (kg de MS)	1,82	1,96	0,029		0,001
Consumo %PV	0,90	0,95	0,093		0,675
Consumo g MS/kg PM <sup>0,75</sup>	33,61	36,00	0,645		0,013
	Fase Restrita				
	Consumo Real	TiO <sub>2</sub> *	NANOLIPE®	EPM**	Valor de P***
Consumo (kg de MS)	2,17 <sup>a</sup>	1,54 <sup>c</sup>	1,98 <sup>b</sup>	0,035	0,0001
Consumo %PV	1,06 <sup>a</sup>	0,75 <sup>c</sup>	0,96 <sup>b</sup>	0,032	0,0001
Consumo g MS/kg PM <sup>0,75</sup>	39,84 <sup>a</sup>	28,29 <sup>c</sup>	36,29 <sup>b</sup>	0,791	0,0001

\*TiO<sub>2</sub>: dióxido de titânio.

\*\*EPM: erro padrão da média

\*\*\*Médias diferem entre si pelo teste de T a 5% de probabilidade.

Na fase *ad libitum* o valor de consumo não apresentou diferença entre as raças (P>0,05). Na comparação do uso dos indicadores com o consumo real, o consumo estimado pelo uso do TiO<sub>2</sub> foi superior ao valor real (P<0,05). O valor estimado pelo NANOLIPE® foi igual ao valor real (P>0,05).

**Tabela 3.** Valores médios de consumo de matéria seca, em kg de MS/dia, em porcentagem de peso vivo (%PV), em g de MS sobre kg de peso metabólico elevado a potência 0,75 (g MS/kg PM<sup>0,75</sup>), para consumo real, consumo estimado pelo dióxido de titânio (TiO<sub>2</sub>) e pelo NANOLIPE® na fase *ad libitum*

Variável	Indicadores				Valor de P***
	Fase <i>Ad libitum</i>				
	Nelore	Guzerá	EPM**		
Consumo (kg de MS)	7,64	7,99	0,902		0,763
Consumo %PV	2,01	2,03	0,07		0,725
Consumo g MS/kg PM <sup>0,75</sup>	89,28	91,25	3,203		0,543
	Fase <i>Ad libitum</i>				
	Consumo Real	TiO <sub>2</sub> *	NANOLIPE®	EPM**	Valor de P***
Consumo (kg de MS)	7,56 <sup>b</sup>	8,38 <sup>a</sup>	7,50 <sup>b</sup>	1,007	0,017
Consumo %PV	1,96 <sup>b</sup>	2,17 <sup>a</sup>	1,94 <sup>b</sup>	0,086	0,021

Consumo g MS/kg PM <sup>0,75</sup>	87,67b	96,64a	86,49b	3,923	0,029
------------------------------------	--------	--------	--------	-------	-------

\*TiO<sub>2</sub>: dióxido de titânio.

\*\*EPM: erro padrão da média

\*\*\*Médias diferem entre si pelo teste de T a 5% de probabilidade.

O gasto de energia necessário para a manutenção do animal pode variar de acordo com o peso corporal, raça, sexo, idade, estação, temperatura, estado fisiológico e nutrição (NRC, 2000), sendo assim, o peso vivo metabólico (PM<sup>0,75</sup>) leva em consideração a taxa metabólica basal definida como o consumo de energia por unidade de peso corporal por unidade de tempo e varia como uma função de uma potência de expoente fracionário do peso corporal, sendo uma medida fácil de se obter e confere poder de avaliar resultados obtidos em raças e espécies diferentes que apresentam pesos distintos (Basarab et al., 2003; Herd et al., 2003).

Preconiza-se o fornecimento de duas doses diárias dos indicadores como TiO<sub>2</sub> e o Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, para se obter um fluxo constante de excreção do indicador, o que gera um maior estresse. Uma solução para esse problema seria um tempo maior de adaptação não somente ao indicador, mas também ao processo como um todo, dessa maneira os animais se acostuariam à rotina de ter que ir duas vezes ao dia para o curral e por fim, não atrapalharia o pastejo desses animais.

Os valores para produção fecal para as diferentes raças no período restrito estão na tabela 4. Não houve diferença entre as raças (P>0,05). Entretanto, quando foi feita a comparação da produção fecal de acordo com os tipos de indicadores, na fase restrita os valores estimados pelos indicadores foram inferiores aos da produção real (P=0,0001).

**Tabela 4.** Valores médios de produção fecal, em kg de MS/dia, para coleta total, estimado pelo dióxido de titânio (TiO<sub>2</sub>) e pelo NANOLIPE® em novilhas das raças Nelore e Guzerá na fase restrita

Variável	Indicadores				
	Fase Restrita				
	Nelore	Guzerá	EPM**	Valor de P***	
Produção Fecal (kg de MS)	0,562	0,547	0,007	0,135	
	Fase Restrita				
	Coleta Total	TiO <sub>2</sub> *	NANOLIPE®	EPM**	Valor de P***
Produção Fecal (kg de MS)	0,637a	0,449c	0,578b	0,008	0,0001

\*TiO<sub>2</sub>: dióxido de titânio.

\*\*EPM: erro padrão da média

\*\*\*Médias diferem entre si pelo teste de T a 5% de probabilidade.

Da mesma forma, na tabela 5 estão os valores de produção fecal da fase *ad libitum*. Não houve diferença entre as raças ( $P>0,05$ ). Quando foi feita a comparação entre os diferentes indicadores na fase *ad libitum*, a produção fecal estimada pelo  $TiO_2$  foi superior à da coleta total e o NANOLIPE® ( $P<0,05$ ), sendo que estes dois últimos foram iguais estatisticamente ( $P>0,05$ ).

**Tabela 5.** Valores médios de produção fecal, em kg de MS/dia, obtidos pela coleta total, estimado pelo dióxido de titânio ( $TiO_2$ ) e pelo NANOLIPE® em novilhas das raças Nelore e Guzerá na fase *ad libitum*

Variável	Indicadores				
	Fase <i>Ad libitum</i>				
	Nelore	Guzerá	EPM**	Valor de P***	
Produção Fecal (kg de MS)	2,421	2,571	0,283	0,675	
	Fase <i>Ad libitum</i>				
	Coleta Total	$TiO_2^*$	NANOLIPE®	EPM**	Valor de P***
Produção Fecal (kg de MS)	2,417b	2,686 <sup>a</sup>	2,385b	0,315	0,020

\* $TiO_2$ : dióxido de titânio.

\*\*EPM: erro padrão da média

\*\*\*Médias diferem entre si pelo teste de T a 5% de probabilidade.

A diferença no resultado para produção fecal pela coleta total em comparação aos estimados por indicadores, tanto no período restrito como no período *ad libitum*, indica a possibilidade de estimativas incorretas de consumo e digestibilidade. Independente do indicador escolhido, deve-se preconizar protocolos rigorosos de avaliação para que os valores estimados sejam próximos ao real.

Silva et al. (2010) relataram que o  $Cr_2O_3$  subestimou a produção fecal das novilhas e que a recuperação fecal do  $Cr_2O_3$  não é completa. Segundo os autores, esse resultado pode ter ocorrido pela variação individual dos animais, a variação diurna de excreção nas fezes, a forma de administração, o número de doses, o método e horário de amostragem das fezes, a duração dos períodos de adaptação e de coleta, a incompleta mistura com a digesta ruminal e a passagem mais rápida pelo rúmen do que o material fibroso. O mesmo pode ter ocorrido com o uso do  $TiO_2$  no período restrito, já que a recuperação do indicador nas fezes apresentou valores baixos (tabela 6). No período *ad libitum* pode ter ocorrido uma superestimação dos valores, pois a recuperação fecal foi superior a 100%.

Couto Filho (2012) avaliou as estimativas de produção fecal e digestibilidade em vacas Holandês com peso vivo médio de 631 kg alimentadas com dieta a base de silagem de milho, feno de Tifton 85 (*Cynodon spp.*) e concentrado, por meio de diferentes indicadores (LIPE®, NANOLIPE® e Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). O autor observou que o Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> superestimou a produção fecal e, conseqüentemente, subestimou a digestibilidade, enquanto que os indicadores LIPE® e NANOLIPE® permitiram estimar a produção fecal e a digestibilidade de maneira acurada.

Gonçalves (2012) validou o uso do NANOLIPE® como indicador para estimar o consumo em bovinos. Foram utilizadas cinco novilhas mestiças Holandês-Zebu, com peso vivo médio de 489,2 kg e com idade média de 29,2 meses. Os animais foram mantidos em confinamento e receberam uma dieta composta por silagem de milho e farelo de soja. O CMS estimado pelo NANOLIPE® não diferiu do consumo real e o NANOLIPE® foi capaz de estimar satisfatoriamente o consumo com apenas dois dias de adaptação. Foi realizado também um estudo para determinar o melhor horário de coleta das amostras de fezes. Para dosagem do NANOLIPE® foram coletadas e analisadas amostras de todos os animais, cada vez que estes defecaram voluntariamente, em um período ininterrupto de 48 horas após a segunda aplicação do indicador. Dessa forma foi obtida a curva de excreção fecal, onde as médias de concentração fecal do NANOLIPE®, nos tempos 12 e 24 horas, foram estatisticamente iguais.

Segundo o autor, essa fato mostra que a excreção fecal do indicador foi estável, entre 12 e 36 horas após a administração da segunda cápsula, ou seja, a excreção alcançou o chamado *steady state* nesse período, no qual também se obteve o pico de excreção do indicador nas fezes. Dessa maneira, foi sugerido que a melhor forma de amostragem das fezes, quando se utiliza o NANOLIPE®, baseia-se na coleta de alíquotas do bolo fecal, a cada defecação voluntária, a qual deve iniciar 24 horas após a segunda, e última, aplicação do referido indicador.

Titgemeyer et al. (2001) estudaram o uso do TiO<sub>2</sub> como indicador para digestibilidade em bovinos consumindo feno com suplementação a base de milho, sendo que a digestibilidade calculada a partir do uso do TiO<sub>2</sub> não apresentou diferença em relação aos valores obtidos pela coleta total.

Segundo Carvalho et al. (2007) uma das técnicas mais utilizadas para estimar o consumo é baseada no princípio de que a excreção fecal por um animal é inversamente proporcional à digestibilidade, mas diretamente relacionada à quantidade de alimento ingerido, ou seja, quanto menor o nível de consumo, maior a digestibilidade do alimento (Detmann et al., 2001).

Seguindo essa linha de raciocínio, os valores obtidos pelo uso dos indicadores nesse estudo pode tanto ter subestimado como superestimado o valor de digestibilidade da dieta tanto na fase restrita como na fase *ad libitum*.

Vários autores não encontraram diferença nos valores de digestibilidade estimados (Titgemeyer et al., 2001; Ferreira et al., 2009; Couto Filho, 2012), diferindo dos valores obtidos nesse estudo. O emprego dos indicadores é uma peça chave que foi criada para ajudar no estudo em animais sob pastejo, já que a obtenção do consumo individual e produção fecal não possível, diminuindo o custo do estudo e necessitando de uma quantidade menor de mão-de-obra.

**Tabela 6.** Valores médios, expressos em porcentagem, da taxa de recuperação dos indicadores dióxido de titânio (TiO<sub>2</sub>) e NANOLIPE® nas fases restrita e *ad libitum*

Variável	Indicadores			
	Fase Restrita			
	TiO <sub>2</sub> *	NANOLIPE®	EPM**	Valor de P***
Taxa de Recuperação (%)	68,30b	93,37a	2,217	0,0001
	Fase <i>Ad libitum</i>			
	TiO <sub>2</sub> *	NANOLIPE®	EPM**	Valor de P***
Taxa de Recuperação (%)	121,81a	111,11b	15,597	0,049

\*TiO<sub>2</sub>: dióxido de titânio.

\*\*EPM: erro padrão da média

\*\*\*Médias diferem entre si pelo teste de T a 5% de probabilidade.

Na fase restrita o indicador NANOLIPE® apresentou valor superior (93,37%, P=0,0001) e o TiO<sub>2</sub> 68,30%. Segundo Zeoula et al. (2002) quando há baixo valor de recuperação fecal do indicador significa que houve subestimação da produção fecal, fato esse ocorrido no estudo.

Na fase *ad libitum* o TiO<sub>2</sub> propiciou maior recuperação fecal em relação ao NANOLIPE® (P<0,05), porém todos os dois tiveram recuperações superiores a 100% e de acordo com Saliba et al. (1999), valores de recuperação fecal do indicador superiores a 100% mostra subestimação da digestibilidade da dieta.

Segundo Carvalho et al. (2007) a concentração fecal de qualquer indicador externo pode variar amplamente ao longo do tempo, após o fornecimento, de modo que vários dias são necessários para excreção total da dosagem inicial fornecida. Sendo assim o protocolo experimental a ser seguido deve ser criterioso, as condições experimentais devem ser semelhantes ao longo de todo o período de fornecimento do indicador e devem ser feitas duas aplicações diárias, como feito nesse estudo, leva à redução da amplitude total de variação em torno da média, tornando o perfil de excreção mais estável e próximo do *steady state* desejado (Detmann et al., 2001). A adoção de duas coletas diárias de fezes faz com que se obtenham uma

média próxima do valor referente a 100% de recuperação fecal, melhorando a confiabilidade dos resultados (Detmann et al., 2001).

De acordo com Sampaio et al. (2011); Ferreira et al. (2009); Titgemeyer et al. (2001) o  $\text{TiO}_2$  foi recuperado satisfatoriamente em relação ao efeito de diferentes planos alimentares, mostrando que é indicador seguro de se utilizar para avaliação de produção fecal.

Couto Filho (2012) encontrou valores de recuperação fecal do NANOLIPE® iguais à 100%, relatando que esse indicador foi mais preciso em relação ao  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  para vacas Holandês com peso vivo médio de 631 kg alimentadas com dieta a base de silagem de milho, feno Tifton 85 (*Cynodon spp.*) e concentrado.

Sampaio et al. (2011) estimaram as recuperações totais obtidas com os indicadores externos  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  e  $\text{TiO}_2$  em ensaio de digestibilidade com bovinos alimentados com silagem de capim-elefante, silagem de milho ou feno de capim-braquiária, suplementados ou não com 20% de mistura concentrada. Os autores obtiveram valores de recuperação fecal média para o  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  e para o  $\text{TiO}_2$  de 99,50% e 101, 95%, respectivamente.

Titgemeyer et al. (2001) encontraram valores para recuperação fecal de  $\text{TiO}_2$  de 93% para novilhos alimentados com dieta à base de forragem e 95% e 90% para novilhos alimentados com dietas à base de milho, mostrando que o tipo de dieta pode influenciar a resposta com o uso dos indicadores. Esses autores também observaram maior variação na concentração de  $\text{TiO}_2$  nas fezes coletadas pela parte da manhã do que na parte da noite, significando que duas amostragens diárias diminuem a amplitude do erro. Os autores concluíram que desde que sejam utilizados animais suficientes e um protocolo de amostragem adequado, a variação entre os animais e (ou) a hora do dia não deve influenciar as estimativas de digestibilidade se as recuperações de marcador forem de 100% (Titgemeyer et al., 2001), sendo que dessa maneira os indicadores mostram-se seguros para serem utilizados para estimarem consumo e digestibilidade da dieta.

#### **4. CONCLUSÃO**

Na fase restrita, tanto o NANOLIPE® como o  $\text{TiO}_2$  subestimaram os valores de consumo.

Os valores de produção fecal estimada pelos indicadores na fase restrita foram inferiores aos da produção real.



O NANOLIPE® estimou melhor os valores de produção fecal e de consumo na fase *ad libitum*.

O TiO<sub>2</sub> superestimou o valor de consumo e de produção fecal na fase *ad libitum*.

A escolha do indicador deve ser feita de maneira criteriosa para que o estudo não seja comprometido com valores sub ou superestimados de produção fecal.

A adoção de protocolo adequado incluindo tempo fixo de fornecimento do indicador e duas coletas diárias de fezes são estratégias para que se obtenha uma média próxima do valor referente a 100% de recuperação fecal, melhorando a confiabilidade dos resultados do estudo e, dessa maneira, tornando os indicadores seguros para serem utilizados.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASTIGARRAGA, L. Técnicas para la medición del consumo de rumiantes en pastoreo. In: SIMPÓSIO SOBRE AVALIAÇÃO DE PASTAGENS COM ANIMAIS, 2007, Maringá. *Anais...Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 1997. p.1-23.*

BASARAB, J. A.; PRICE, M. A.; AALHUS, J. L.; et al. Residual feed intake and body composition in young growing cattle. *Can. J. Ani. Sci.*, v. 83, n. 2, p. 189–204, 2003.

BERCHIELLI, T. T.; ANDRADE, P.; FURLAN, C. L. Avaliação de marcadores internos em ensaios de digestibilidade. *Rev. Bras. Zootec.*, v.29, n.3, p.830-833, 2000.

CARVALHO, P. C. F.; KOZLOSKI, G. V.; RIBEIRO FILHO, H. M. N.; et al. Avanços metodológicos na determinação do consumo de ruminantes em pastejo. *R. Bras. Zootec.*, v.36, *suplemento especial*, p.151-170, 2007.

COUTO FILHO, C. C. C. *Indicadores de digestão total, parcial e síntese de proteína microbiana em bovinos*. Minas Gerais. 2012. 103 f. Tese (Doutorado), Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S. C.; PAULINO, M. F. et al. Cromo e indicadores internos na determinação do consumo de novilhos mestiços, suplementados, a pasto. *R. Bras. Zootec.*, v.30, n.5, p.1600-1609, 2001.

DIAS, M.; DETMANN, E.; LEÃO, M. I.; et al Indicadores para estimativa da digestibilidade parcial em bovinos. *R. Bras. Zootec.*, v.36, n.3, p.689-697, 2007.

FERREIRA, M. A.; VALADARES FILHO, S. C.; COSTA E SILVA, L. F.; et al. Avaliação de indicadores em estudos com ruminantes: estimativa de consumos de concentrado e de silagem de milho por vacas em lactação. *R. Bras. Zootec.*, v.38, n.8, p.1574-1580, 2009.

FERREIRA, I. V. L.; DANIEL, L. A. Fotocatalise heterogênea com o TiO<sub>2</sub> aplicada ao tratamento de esgoto sanitário secundário. *Eng. Sanit. Ambiental*, v.9, n.4, 2004.

GONÇALVES, N. C. *Validação do NANOLIPE® como indicador para estimativa do consumo em bovinos leiteiros*. Minas Gerais. 2012. 41f. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

HERD, R. M.; ARCHER, J. A.; ARTHUR, P. F. Reducing the cost of beef production through genetic improvement in residual feed intake: Opportunity and challenges to application. *J. Anim. Sci.*, v. 81, n. Suppl 1, p. E9–E17, 2003.

MYERS, W. D.; LUDDEN, P. A.; NAYIGIHUGU, V. et al. Technical Note: a procedure for the preparation and quantitative analysis of samples for titanium dioxide. *J. Ani. Sci.*, v.82, n.1, p.179-183, 2004.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. Nutrient requirements of beef cattle. 7.ed. Washington: National Academy Press, 2000. 242p.

PAIXÃO, M. L.; VALADARES FILHO, S. C.; LEÃO, M. I.; et al. Variação diária na excreção de indicadores interno (FDAi) e externo (Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), digestibilidade e parâmetros ruminais em bovinos alimentados com dietas contendo uréia ou farelo de soja. *R. Brasi. Zootec.*, v.36, n.3, p. 739-747, 2007.

PRIGGE, E. C.; VARGA, G. A.; VICINI, J. L.; REID, R. L. Comparison of ytterbium chloride and chromium sesquioxide as fecal indicators. *J. Ani. Sci.*, v.53, n.6, p. 1629-1633, 1981.

RODRÍGUEZ, N. M. Uso de indicadores para estimativa de consumo a pasto e digestibilidade. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43., 2006, João Pessoa. *Anais...* João Pessoa: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2006. p.323-352.

SALIBA, E. O. S.; GONÇALVES, N. C.; BARBOSA, G. S. S. C.; et al. Evaluation of the infrared spectroscopy method for the quantification of NANOLIPE marker in feces of dairy cattle. *Energy and protein metabolism and nutrition in sustainable animal production*, n. 134, p. 247-248, 2013.

SALIBA, E. O. S.; FERREIRA, W. M.; RODRÍGUEZ, N. M.; et al. Lignin from eucalyptus as indicator for rabbits in digestibility trials. *Trop. Subtrop. Agroecosystems*, v.3, n.1, p.107-109, 2004.

SALIBA, E. O. S.; RODRÍGUEZ, N. M.; GONÇALVES, L. C. Estudo comparativo da lignina isolada da palha de milho, com outros indicadores em ensaio de digestibilidade aparente. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 36., 1999, Porto Alegre. *Anais...* Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1999. p.293

SAMPAIO, C. B.; DETMANN, E.; VALENTE, T. N. P.; et al. Evaluation of fecal recovering and long term bias of internal and external markers in a digestion assay with cattle. *R. Bras. Zootec.*, v.40, n.1, p.174-182, 2011.

SILVA, J. J.; SALIBA, E. O. S.; BORGES, I.; et al. Indicadores para estimativa de consumo total por novilhas holandês x zebu mantidas em confinamento. *Rev. Bras. Saúde Prod. An.*, v.11, n.3, p.838-848, 2010.

SOUZA, A. S. *Partição energética e produção de metano em novilhas das raças Guzerá e Nelore submetidas a diferentes planos nutricionais*. Minas Gerais. 2016. 130f. Tese (Doutorado), Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

TITGEMEYER, E. C.; ARMENDARIZ, C. K.; BINDEL, D. J. et al. Evaluation of titanium dioxide as a digestibility marker for cattle. *J. Ani. Sci.*, v.79, n.4, p.1059-1063, 2001.

VASCONCELLOS, C. H. F. *Lignina purificada e modificada (LIPE), óxido crômico e coleta total de excretas, como métodos de determinação da digestibilidade em frangos e corte*. Minas Gerais. 2004. 46f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia), Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

ZEOULA, L. M.; PRADO, I. N.; DIAN, P. H. M.; et al. Recuperação Fecal de Indicadores Internos Avaliados em Ruminantes. *R. Bras. Zootec.*, v.31, n.4, p.1865-1874, 2002.

## CAPÍTULO III

### **Avaliação da taxa de passagem com Cromo-mordante em novilhas Nelore e Guzerá, sob dois planos alimentares**

#### **RESUMO**

Avaliou-se a cinética da fase sólida de novilhas mantidas em confinamento, submetidas a dois planos alimentares. Utilizaram-se 12 novilhas, sendo seis da raça Nelore e seis da raça Guzerá e duas dietas: na primeira fase (restrita), a dieta foi formulada para manutenção do peso vivo, permitindo-se ganhos de 200 g/dia e na segunda fase (*ad libitum*), a dieta foi formulada para ganho de um quilograma/dia. Utilizou-se silagem de milho mordantada com cromo, fornecida pela manhã logo antes do arração, na quantidade de 100 g de silagem mordantada para cada animal em dose única. Foram realizadas coletas de fezes diretamente na ampola retal, nos intervalos de tempo 0, 5, 8, 11, 14, 17, 20, 23, 26, 29, 32, 35, 41, 47, 53, 59, 65, 71, 77, 83, 89 e 95 horas após o fornecimento da silagem mordantada. O delineamento estatístico utilizado foi o inteiramente casualizado. Na fase restrita e na fase *ad libitum* não houve diferença entre raças quanto à cinética de partículas ( $P>0,05$ ). Os valores de taxa de passagem de partículas do rúmen ( $k_1$ ) foram 0,025 e 0,021 %/h; a taxa de passagem do ceco-cólon ( $k_2$ ) foi 0,09 e 0,12 %/h; o tempo de retenção no rúmen (TRR) foi 45,34 h e 51,13 h; o tempo de retenção no ceco-cólon (TRCC) foi 12,26 h e 11,96 h; o tempo médio de retenção no rúmen (TMR) foi 57,60 h e 63,09 h; o tempo de retenção total (TRT) foi 68,02 h e 73,58 h, respectivamente, para Nelore e Guzerá. O tempo de trânsito (TT) foi 10 horas após a ingestão da fibra marcada para ambas as raças. Os valores de digestibilidade da matéria seca das novilhas na fase restrita foi de 721,14 e 690,34 g/kg de MS, respectivamente para Guzerá e Nelore ( $P<0,05$ ). Na fase *ad libitum* os valores de digestibilidade da MS foi de 674,01 e 673,23 g/kg de MS, respectivamente para Guzerá e Nelore ( $P>0,05$ ). Os valores de  $k_1$  foram 0,025 e 0,027 %/h; os valores de  $k_2$  foram 0,22 e 0,14 %/h; os valores de TT foram 7,62 h e 6,69 h; os valores de TRR foram 38,63 h e 37,28 h; os valores de TRCC foram 5,04 h e 7,98 h; os valores de TMR foram 43,68 h e 45,26 h; os valores TRT foram 51,31 h e 51,95 h, respectivamente para as novilhas Nelore e Guzerá. Por conseguinte, as variáveis estudadas para cinética de partículas foram similares nas raças Guzerá e Nelore.

**Palavra-chave:** *ad libitum*; indicador; fase sólida; restrito

### ABSTRACT

The kinetics of the solid phase of heifers kept in confinement, submitted to two feeding planes, were evaluated. Twelve heifers were used, six of the Nellore breed and six of the Guzera breed and two diets: in the first (restricted) stage, the diet was formulated to maintain live weight, allowing gains of 200 g / day and in the second stage (*ad libitum*), the diet was formulated to gain one kilogram / day. Chromium-bated corn silage, supplied in the morning just before feeding, was used in the amount of 100 g of petrified silage for each animal in a single dose. Samples of feces were collected directly into the rectal ampoule at time intervals 0, 5, 8, 11, 14, 17, 20, 23, 26, 29, 32, 35, 41, 47, 53, 59, 65, 71, 77, 83, 89 and 95 hours after eating of the molten silage. The statistical design was completely randomized. In the restricted phase and in the *ad libitum* phase there was no difference between the breeds regarding particle kinetics ( $P > 0.05$ ). The flow rate values of rumen ( $k_1$ ) particles were 0.025 and 0.021% / h; the cecum-colon ( $k_2$ ) passage rate was 0.09 and 0.12% / h; the retention time in the rumen (RTR) was 45.34 h and 51.13 h; the retention time in the cecum-colon (RTCC) was 12.26 h and 11.96 h; the total mean retention time in the rumen (TMRT) was 57.60 h and 63.09 h; the total retention time (TRT) was 68.02 h and 73.58 h, respectively, for Nellore and Guzera. The transit time (TT) was 10 hours after the ingestion of the marked fiber for both breeds. The dry matter digestibility of heifers in the restricted stage was 721.14 and 690.34 g / kg DM, respectively for Guzera and Nellore ( $P < 0.05$ ). In the *ad libitum* phase the DM digestibility values were 674.01 and 673.23 g / kg DM, respectively for Guzera and Nellore ( $P > 0.05$ ). Values of  $k_1$  were 0.025 and 0.027% / h; the values of  $k_2$  were 0.22 and 0.14% / h; the TT values were 7.62 h and 6.69 h; RTR values were 38.63 h and 37.28 h; the RTCC values were 5.04 h and 7.98 h; TMRT values were 43.68 h and 45.26 h; the TRT values were 51.31 h and 51.95 h, respectively for Nellore and Guzera heifers. Therefore, the variables studied for particle kinetics were similar in the Guzera and Nellore heifers.

**Key-words:** *ad libitum*; indicador; solid phase; restricted

## 1. INTRODUÇÃO

A taxa de passagem é definida como o fluxo de resíduos não-digeridos de origem alimentar e das bactérias ao longo do trato digestivo (Van Soest, 1994). O fluxo ruminal é constituído pela fibra indigestível, bactérias e outras frações não-degradadas do alimento. Como a composição e o volume da dieta variam muito, há alteração da taxa de digestão e da reciclagem do conteúdo ruminal (Van Soest, 1994).

A estimativa da cinética de trânsito de partículas em ruminantes é 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 do indicador (Detmann et al., 2001). Um bom indicador deve-se comportar exatamente como a partícula alimentar, não alterando o processo normal de mistura da digesta, assim como seu fluxo. Para estimar o fluxo o indicador deve se aderir à partícula do resíduo indigestível, sem influenciar o fluxo da partícula marcada (Ellis et al., 1984).

O uso de marcadores para taxa de passagem tem a vantagem de não exigir animais fistulados, porém há necessidade de se realizar uma série de amostragens de fezes, via ampola retal, para que seja possível detectar a excreção ao longo do tempo após a dosagem do material marcado. A excreção, está relacionada com padrão dos perfis de excreção do marcador, o qual tem uma fase inicial ascendente, um pico (pulso) de excreção e, por fim, uma fase descendente assintótica (Abreu, 2016).

A fibra mordantada com cromo (Cr-mordante) é bastante utilizada na estimativa da taxa de passagem da fase sólida do alimento nos ruminantes (Berchielli et al., 1996). Essa fibra tem como objetivo formar um marcador permanentemente ligado a essa fração do alimento, sendo que o cromo faz ligações covalentes com a matéria orgânica do alimento na forma iônica de dicromato ( $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ ) (Van Soest, 1994).

Os complexos de cromo com a parede celular de plantas são altamente insolúveis e totalmente estáveis no rúmen (Udén et al., 1980) e devido à força da ligação, o cromo indisponibiliza a porção do alimento, fazendo com que o cromo ligado à fibra permaneça ligado durante todo o processo digestível até seu surgimento nas fezes (Van Soest, 1994).

Objetivou-se avaliar a taxa de passagem da fase sólida da dieta, com a utilização da fibra mordantada, em novilhas das raças Guzera e Nelore, submetidas a dois planos alimentares.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

**2.1.** Aprovação do comitê de ética, animais e instalações, tratamento, análises laboratoriais e delineamento estatístico foram descritos no capítulo 2 conforme itens 2.1, 2.2, 2.3, 2.4, 2.6, respectivamente.

### 2.2. Período experimental

O período experimental foi dividido em duas etapas: consumo restrito e consumo *ad libitum*. Após um período de adaptação à dieta e às instalações, iniciaram-se as dietas experimentais. No início da fase de consumo restrito, os animais tinham peso vivo médio de  $194 \pm 9$  kg e receberam uma dieta próxima à manutenção do peso vivo, com ganhos de até 200g/dia (NRC, 2000). O ganho de peso foi controlado por pesagens semanais, sendo necessários 40 dias para estabilização do consumo e do ganho de peso. As avaliações da taxa de passagem da fase sólida começaram após a adaptação dos animais.

Logo em seguida os animais passaram a receber a mesma dieta, fornecida *ad libitum*, para ganho de peso de aproximadamente 1 kg/dia (NRC, 2000). A estabilização do consumo e do ganho de peso ocorreu 80 dias após o início do período, quando os animais Nelore e Guzerá tinham, respectivamente, peso vivo médio inicial de 385,83 kg e 394,42 kg. Da mesma forma que no período anterior, as avaliações começaram após esse período de adaptação.

O fornecimento da silagem mordantada foi feito pela manhã logo antes do fornecimento do primeiro arraçoamento. Forneceram-se a quantidade de 100 g de silagem mordantada para cada animal em dose única, misturados a um pouco de concentrado e silagem de forma a aumentar a aceitabilidade pelo animal. Somente após toda a ingestão da silagem mordantada a alimentação da manhã era oferecida.

### 2.3. Análises da taxa de passagem

A estimativa da cinética da fase sólida foi realizada com a utilização da silagem de milho mordantada, sendo o método utilizado para mordantar a silagem de Úden et al. (1980).

Nos dois planos alimentares, foram administrados, 100g de silagem de milho mordantada. Foram realizadas coletas de fezes diretamente na ampola retal, nos intervalos de tempo 0, 5, 8, 11, 14, 17, 20, 23, 26, 29, 32, 35, 41, 47, 53, 59, 65, 71, 77, 83, 89 e 95 horas



após o fornecimento da silagem mordantada. As amostras de fezes foram acondicionadas em sacos plásticos identificados e imediatamente congeladas.

As amostras individuais de fezes foram descongeladas à temperatura ambiente e pré-secas em estufa de ventilação forçada 55°C, por 72h, sendo, posteriormente moídas em moinho tipo Willey, em peneira de 1 mm, e armazenadas em frascos identificados. As fezes foram analisadas quanto ao teor de cromo por espectrofotometria de absorção atômica, segundo metodologia descrita por Williams et al. (1962). Para o ajuste das curvas de excreção fecal do cromo utilizou-se o modelo exponencial bi-compartimental, proposto por Grovum e Williams (1973):

$$Y = A \cdot e^{-k_1(t-TT)} - A \cdot e^{-k_2(t-TT)}, \text{ para } t \geq TT \text{ e } Y=0, \text{ para } t < TT$$

Em que:

Y = concentração do cromo nas fezes (%);

A = parâmetro de escala, indefinido do ponto de vista biológico;

k<sub>1</sub> = taxa de passagem no rúmen (%/h);

t = tempo de amostragem;

TT = tempo de trânsito ou estimativa do tempo em que o indicador apareceu pela primeira vez nas fezes (h);

k<sub>2</sub> = taxa de passagem de partículas no ceco-cólon proximal.

Os cálculos dos parâmetros da dinâmica da fase sólida foram realizados de acordo com Colucci et al. (1990):

$$TRR = 1/k_1$$

$$TRCC = 1/k_2$$

$$TMR = TRR + TRCC$$

$$TRT = TMR + TT$$

Em que:

TRR = tempo de retenção no rúmen (h);

TRCC = tempo de retenção do ceco e cólon proximal (h);

k<sub>1</sub> = taxa de passagem de partículas no rúmen (%/h);

k<sub>2</sub> = taxa de passagem de partículas no ceco-cólon proximal (%/h);

TMR = tempo médio de retenção nos dois compartimentos (h);

TRT = tempo de retenção total (h);

TT = tempo de trânsito (h).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela 1 está apresentado as equações ajustadas para as duas raças nos dois períodos de alimentação. Observa-se que em todas as equações os valores de  $R^2$  foram acima de 0,80 indicando que o modelo matemático escolhido foi bom o suficiente para predizer a cinética das partículas do alimento nas novilhas.

De acordo com Queiroz et al. (2010), a não-adequação do ajuste dos parâmetros matemáticos aos componentes fisiológicos pode prejudicar o conhecimento da fisiologia da passagem da dieta pelo TGI e o caminho do marcador.

**Tabela 1.** Regressões ajustadas da curva de excreção do marcador (Cr-mordante) em novilhas das raças Nelore e Guzerá nos períodos restrito e *ad libitum*

Raça	Período Restrito	
	Regressão ajustada*	$R^2$
Nelore	$Y = 2376,2 \cdot e^{-0,0286(t-9,6048)} - 2376,2 \cdot e^{-0,0637(t-9,6048)}$	0,8740
Guzerá	$Y = 1342,5 \cdot e^{-0,0210(t-9,4528)} - 1342,5 \cdot e^{-0,0800(t-9,4528)}$	0,8737
Período <i>Ad libitum</i>		
	Regressão ajustada	$R^2$
Nelore	$Y = 515,2 \cdot e^{-0,0265(t-7,3713)} - 515,2 \cdot e^{-0,1790(t-7,3713)}$	0,8737
Guzerá	$Y = 498,8 \cdot e^{-0,0267(t-7,0307)} - 498,8 \cdot e^{-0,1372(t-7,0307)}$	0,8029

\*  $Y = A \cdot e^{-k_1(t-TT)} - A \cdot e^{-k_2(t-TT)}$

O conhecimento da taxa de passagem do alimento no rúmen é uma variável de grande importância, pois determina o fluxo da digesta pela parte do trato digestivo em que ocorre a maior parte da degradação do alimento. A partir deste dado pode-se estimar a partição da digestão no rúmen. Além disso, a taxa de passagem afeta a forma como os nutrientes serão digeridos e também atua na regulação do consumo, por estar diretamente relacionada ao efeito de enchimento físico do rúmen (Van Soest, 1994). No Brasil, há prevalência de forrageiras

tropicais, com alto teor de fibra e baixa taxa de passagem pelo trato digestivo, provavelmente devido ao alto teor de lignina nas forragens durante o período seco do ano.

Não houve diferença entre raças quanto à cinética de partículas no período restrito ( $P>0,05$ ), como mostra a tabela 2. Os valores de taxa de passagem de partículas do rúmen ( $k_1$ ) foram 0,025 %/h e 0,021 %/h, respectivamente, para Nelore e Guzerá.

A taxa de passagem do ceco-cólon ( $k_2$ ) foi 0,09 %/h e 0,12 %/h, respectivamente, para Nelore e Guzerá. O tempo de retenção no rúmen (TRR) foi 45,34 h e 51,13 h, respectivamente, para Nelore e Guzerá. O tempo de retenção no ceco-cólon (TRCC) foi 12,26 h e 11,96 h, respectivamente, para Nelore e Guzerá. O tempo médio de retenção no rúmen (TMR) foi 57,60 h e 63,09 h, respectivamente, para Nelore e Guzerá. O tempo de retenção total (TRT) foi 68,02 h e 73,58 h, respectivamente, para Nelore e Guzerá.

O TRR representa o tempo em que o alimento permanece no rúmen sob a ação dos microorganismos e da ação física dos movimentos mastigatórios, sendo um parâmetro inversamente correlacionado com a taxa de passagem no rúmen ( $TRR=1/k_1$ ) (Grover e Williams, 1973). O TRR pode ser influenciado pelas concentrações de fibra na dieta e depende do limite físico do rúmen e retículo (Soares et al., 2001). Dessa maneira, dietas ricas em fibras elevam o TRR devido à diminuição da taxa de passagem  $k_1$  da fibra.

Devido ao valor baixo de  $k_1$  no período restrito (tabela 2) e no *ad libitum* (tabela 3), ambas as raças, os valores de TRR foram altos, mostrando que o alimento ficou mais tempo no rúmen para ser degradado. O valor baixo de  $k_1$  no período restrito está diretamente relacionada com o CMS (capítulo IV, tabela 1) dos animais, que foi 2,09 e 2,14 kg/dia, respectivamente, para Nelore e Guzerá. A quantidade de alimento fornecido para apenas manutenção dos animais, sendo dessa maneira restrita, conseqüentemente, o alimento ficou mais tempo no rúmen sendo degradado para melhor aproveitamento do mesmo.

Para mesmo consumo e taxa de passagem no período restrito, as novilhas Guzerá conseguiram aproveitar melhor o alimento, já que os valores de digestibilidade da MS (capítulo IV, tabela 2) foram 690,34 e 721,14 g/kg MS ( $P=0,006$ ), respectivamente, para Nelore e Guzerá. Além disto, as novilhas Guzerá apresentaram valores superiores de eficiência de alimentação da MS (EFAL da MS) (capítulo IV, tabela 1) de 18,32 e 33,32 g/min, respectivamente, para Nelore e Guzerá ( $P<0,05$ ). A EFAL da MS é definida pela divisão do CMS pelo tempo gasto para alimentação, ou seja, as fêmeas Guzerá, para um mesmo consumo, gastaram menor tempo para se alimentar e apresentaram digestibilidade de MS superior, apesar da taxa de passagem ter sido igual entre as raças.

Oliveira et al. (2010) estudaram os efeitos da suplementação com proteínados sobre a taxa de passagem da fase sólida em bovinos de corte em pastagem de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. Suplementos com 50, 40 e 30% de PB foram fornecidos na proporção de 400 g/animal/dia em comparação à suplementação controle, com apenas sal mineral. As taxas de passagem no rúmen variaram de 0,0243%/h (controle) a 0,0264%/h (30% de PB). Os valores de tempo de trânsito (TT) foram de 12 h, 11 h, 10 h, 11 h; os valores de TRR foram de 41 h, 37 h, 38 h, 39 h; os valores de TRCC foram de 27 h, 25 h, 25 h, 29 h e os valores de TMR foram de 80 h, 75 h, 74 h, 80 h, respectivamente para os grupos controle, 30%, 40% e 50% de PB. Os autores observaram que os animais que receberam suplementos proteicos com maiores níveis de carboidratos solúveis (30% e 40%) apresentaram maior taxa de passagem.

Esses valores obtidos por Oliveira et al. (2010) foram semelhantes aos resultados obtidos neste estudo, sendo o valor médio de k1 de 0,023%/h; 10,44 h para TT. Para o tempo retenção no rúmen (TRR) neste estudo foi superior ao trabalho de Oliveira et al. (2010) apresentando valor médio de 48,24 h para TRR.

O tempo de trânsito (TT), ou seja, o momento em que as primeiras moléculas do elemento cromo saíram nas fezes, foi 10 horas após a ingestão da fibra marcada.

**Tabela 2.** Valores médios das taxas de passagem de partículas no rúmen (k1) e ceco-cólon (k2), tempo de trânsito (TT), tempo de retenção no rúmen-retículo (TRR), tempo de retenção no ceco-cólon (TRCC), tempo médio de retenção nos dois compartimentos (TMR) e tempo médio de retenção total (TRT) em novilhas das raças Nelore e Guzerá no período restrito

Variáveis	Período Restrito			
	Nelore	Guzerá	CV*	Valor de P**
k1 (%/h)	0,0251	0,0216	40,78	0,564
k2 (%/h)	0,0951	0,1204	62,92	0,557
TT (h)	10,4163	10,4811	23,86	0,966
TRR (h)	45,3418	51,1390	34,14	0,577
TRCC (h)	12,2621	11,9606	51,56	0,938
TMR (h)	57,6040	63,0996	20,33	0,480
TRT (h)	68,0204	73,5808	19,39	0,521

\*CV: coeficiente de variação

\*\*Médias diferem entre si pelo teste de T a 5% de probabilidade.

Segundo o AFRC (1993), medições das taxas de passagem ruminais fracionadas por hora dão valores médios de 0,02 a 0,08%/hora. O ARC (1980) estimou a taxa de passagem em

relação ao nível de alimentação, sendo que animais com ingestão alimentar de 1 x manutenção apresentaram valor de k1 de 0,02%/h. Este valor é semelhante aos dados obtidos nos animais em dieta restrita nesse estudo. Esses valores puderam ser obtidos porque ao longo de todo o experimento os animais eram pesados periodicamente (a cada 15 dias) e dessa maneira havia um controle rígido para que as novilhas não engordassem ou perdessem peso.

Segundo Soares et al. (2001), o maior ou menor tempo de retenção do alimento no retículo-rúmen pode influenciar os processos de digestão e de assimilação dos nutrientes, e como consequência, a taxa de passagem desse alimento no rúmen é uma variável importante na regulação do consumo e sensível a alterações na dieta. Nesse estudo, pode ser observado que no período restrito, o valor de TRR foi alto, sendo assim, para que o animal pudesse aproveitar melhor o alimento fornecido, o mesmo ficou por maior tempo no rúmen sendo degradado para que se pudesse extrair o máximo de nutrientes para suprir suas necessidades nutritivas. Esse fato foi observado pelo ARC (1980), citando um exemplo de vacas leiteiras em declínio na produção de leite de 45 para 30 kg/dia, que implicaria na alteração da taxa de passagem de 0,08 para 0,05%/h, proveniente de uma pequena mudança na alimentação dos animais.

Outro fator importante que limita o desaparecimento de digesta do rúmen é a taxa na qual o alimento é reduzido a partículas suficientemente pequenas para atravessar o orifício retículo-omasal (ORO) e a taxa de degradação pelos microrganismos (Queiroz et al., 2010).

Existem vários fatores que podem influenciar a taxa de passagem, dentre eles a dieta, pela sua natureza, tamanho, densidade das partículas e nível de ingestão. A estratificação das partículas no rúmen e as contrações reticulares que afetam a abertura do ORO influenciam diretamente a saída da fração sólida e líquida do rúmen (Seo et al., 2009).

Outro fator importante que está interligado com a taxa de passagem é a digestibilidade da dieta. O aumento da taxa de passagem poderia reduzir a digestibilidade total e contrariamente com a digestibilidade diminuída pode haver melhor aproveitamento dos nutrientes pelo fato de haver diminuição da taxa de passagem e dessa maneira a microbiota ruminal atuará por maior tempo sob o alimento, disponibilizando mais nutrientes para o animal (Oliveira et al., 2010).

Pode se observar na tabela 3 os valores de digestibilidade da matéria seca das novilhas na fase restrita e na fase *ad libitum*. Na fase restrita as novilhas da raça Guzerá apresentaram valores de digestibilidade superior em relação as novilhas Nelore ( $P < 0,05$ ). Entretanto, as novilhas apresentaram valores similares de taxa de passagem (tabela 2), sendo assim, as novilhas Guzerá aproveitaram melhor a dieta fornecida, degradando mais o alimento, disponibilizando mais os nutrientes para atender suas exigências nutricionais do que as novilhas da raça Nelore.

**Tabela 3.** Digestibilidade da matéria seca em novilhas das raças Nelore e Guzerá nas fases restrita e *ad libitum* \*\*\*

Variável	Fase Restrita			Valor de P**
	Nelore	Guzerá	EPM*	
	g/kg de nutriente			
MS	690,34	721,14	6,293	0,006
Variável	Fase <i>Ad libitum</i>			Valor de P**
	Nelore	Guzerá	EPM*	
	g/kg de nutriente			
MS	673,23	674,01	4,662	0,938

\*Erro Padrão

\*\*Médias diferem entre si pelo teste de T a 5% de probabilidade.

\*\*\*Dados de digestibilidade apresentados por Souza (2016)

Na tabela 4 estão os valores estimados para cinética das partículas na fase *ad libitum*, sendo que não houve diferença entre as variáveis estudadas nas diferentes raças ( $P > 0,05$ ). Os valores de  $k_1$  foram 0,025 %/h e 0,027 %/h, respectivamente para Nelore e Guzerá.

No período *ad libitum*, as fêmeas apresentaram CMS (capítulo IV, tabela 1) de 7,46 e 8,38 kg/dia, respectivamente, para Nelore e Guzerá e apesar do aumento no CMS nesse período os valores médios para  $k_1$  não apresentaram diferença.

Nesse período os animais ingeriram mais alimento, entretanto a digestibilidade da MS diminuiu (tabela 3), tanto para as novilhas Nelore como para as novilhas Guzerá, esse fato ocorre pois conforme o animal ingere mais alimento a taxa de passagem do alimento pode aumentar diminuindo a digestibilidade. A diminuição na digestibilidade em função do aumento do nível de ingestão de MS foi relatado também em outros trabalhos (Nkrumah et al., 2006; Clark et al., 2007).

Os valores de  $k_2$  foram 0,22 %/h e 0,14 %/h; os valores de TT foram 7,62 h e 6,69 h; os valores de TRR foram 38,63 h e 37,28 h; os valores de TRCC foram 5,04 h e 7,98 h; os valores de TMR foram 43,68 h e 45,26 h; os valores TRT foram 51,31 h e 51,95 h, respectivamente para as novilhas Nelore e Guzerá.

**Tabela 4.** Valores médios das taxas de passagem de partículas no rúmen-retículo (k1) e ceco-cólon (k2), tempo de trânsito (TT), tempo de retenção no rúmen-retículo (TRR), tempo de retenção no ceco-cólon (TRCC), tempo médio de retenção nos dois compartimentos (TMR) e tempo médio de retenção total (TRT) em novilhas das raças Nelore e Guzerá no período *ad libitum*

Variáveis	Período <i>Ad libitum</i>			
	Nelore	Guzerá	CV*	Valor de P**
k1 (%/h)	0,0259	0,0275	15,10	0,525
k2 (%/h)	0,2273	0,1436	44,04	0,118
TT (h)	7,6292	6,6902	25,31	0,411
TRR (h)	38,6382	37,2838	13,64	0,675
TRCC (h)	5,0493	7,9832	47,68	0,160
TMR (h)	43,6876	45,2670	8,36	0,501
TRT (h)	51,3168	51,9572	8,34	0,811

\*CV: coeficiente de variação

\*\*Médias diferem entre si pelo teste de T a 5% de probabilidade.

Pereira et al. (2007) avaliaram a taxa de passagem de partículas do volumoso da dieta de novilhas leiteiras mantidas em confinamento e alimentadas com dois níveis (30 e 60%) de FDN. Foi observado que TRR, TRCC, TMR e TRT apresentaram valores de 24,06 h e 27,92 h; 12,86 h e 11,29 h; 36,92 h e 39,21 h; 47,66 h e 50,82 h, respectivamente para 30 e 60% de FDN. Valores diferentes do observado neste estudo que foram 38,63 h e 37,28 para TRR; 5,04 h e 7,98 h para TRCC; 43,68 h e 45,26 h para TMR; 51,31 h e 51,95 h para TRT, respectivamente para Nelore e Guzerá.

Nesse mesmo trabalho os autores afirmaram que a cinética de partículas não apresentou resultados consistentes, em razão das variações encontradas conforme o local de amostragem, as respostas individuais de cada animal, além das alterações do abomaso e do ceco nos resultados obtidos nas fezes e que as pequenas diferenças nos valores das taxas de passagem estimadas para as diferentes dietas sugerem que os estudos de cinética digestiva devem ser realizados com maior número de animais para que o erro associado a essas variações seja minimizado e esses parâmetros possam ser avaliados de forma mais segura. Entretanto, por ser uma metodologia que exige controle do consumo de alimentos e coleta de produção fecal completa, nem sempre isso é possível.

Burger et al. (2000) avaliaram os efeitos de diferentes níveis de concentrado sobre as taxas de passagem de partículas em bezerros alojados em baias individuais e alimentados à vontade com dietas contendo 30,0; 45,0; 60,0; 75,0; e 90,0% de concentrado e contendo como

volumoso, o feno de capim *coast-cross* (*Cynodon dactylon*). A taxa de passagem de partículas do feno apresentou valores de TMR de 47,42 h, 47,79 h, 48,56 h, 52,89 h e 49,65 h, respectivamente para as dietas contendo 30,0; 45,0; 60,0; 75,0; e 90,0% de concentrado. Os autores concluíram que o tempo no rúmen-retículo e no ceco-cólon proximal não foram influenciadas pelo aumento no nível de concentrado nas rações.

Segundo Pereira et al. (2007), quando os animais são alimentados com dietas contendo quantidade elevada de volumoso, há elevação do tempo de retenção ruminal devido à taxa de degradação mais lenta da fibra, por conseguinte, os bovinos criados a pasto no Brasil podem apresentar essa resposta também, já que a grande maioria das fazendas tem como base de alimentação as pastagens tropicais, que apresentam alto teor de fibra e dessa maneira a taxa de passagem de maneira geral é mais baixa.

Soares et al. (2001) verificaram valores para k1 de 0,030 %/h, para TRR de 51,10 h e para TRT de 82,54 h em 18 vacas Holandês-Zebu, em lactação, pastejando capim-elefante. Já Queiroz et al. (2010) avaliaram a taxa de passagem dos farelos de soja, canola, amendoim e algodão em ovinos. Os autores observaram valores de TMR de 16,2 h, 18,0 h, 24,9 h, 21,7 h respectivamente, para farelo de soja, farelo de amendoim, farelo de canola e farelo de algodão. Concluíram que a maior proporção de parede celular do farelo de canola proporcionou menor taxa de passagem dessa fonte proteica.

Vieira et al. (2010) afirmaram que a taxa de passagem para partículas de concentrado e de forragem variam com a ingestão e com a proporção de forragem na dieta. Ainda que a taxa de passagem para partículas de concentrado e de forragem tenda a aumentar com a ingestão de alimento, as oscilações diferem de forma que a taxa de passagem para partículas de concentrado excede aquela para forragens em aproximadamente 10%. Assim, dietas que contenham maior proporção de concentrado apresentam maior taxa de passagem e menor taxa de retenção de sólidos no rúmen, comparadas às aquelas com menor proporção de concentrado.

#### **4. CONCLUSÃO**

O modelo matemático escolhido para esse estudo foi adequado para prever a cinética das partículas do alimento nas novilhas.

As variáveis estudadas para cinética de partículas foram similares nas raças Guzerá e Nelore.



## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, M. L. C. *Estudo da cinética de trânsito da fase sólida no trato gastrintestinal de ruminantes quanto à indelebilidade de indicadores*. Rio de Janeiro. 2016. 141 f. Tese (Doutorado), Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes.

AFRC. *Energy and Protein Requirements of Ruminants*. And advisory manual prepared by the AFRC Technical Committee on Responses to Nutrients. Wallingford, UK. 1993. p.12.

ARC. *The nutrient requirement of ruminants livestock*. Technical Review by an Agricultural Research Council Working Party. London: 1980. 351p.

BERCHIELLI, T. T.; RODRÍGUEZ, N. M.; GONÇALVES, L. C. Polietilenoglicol e cobalto-EDTA como marcadores da fase líquida ruminal. *A. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v. 48, p. 463-471, 1996.

BÜRQUER, P. J.; PEREIRA, J. C.; QUEIROZ, A. C.; et al. Comportamento ingestivo em bezerros holandeses alimentados com dietas contendo diferentes níveis de concentrado. *R. Bras. Zootec.*, v.29, n.1, p.236-242, 2000.

CLARK, J. H.; OLSON, K. C.; SCHMIDT, T. B.; et al. Effects of dry matter intake restriction on diet digestion, energy partitioning, phosphorus retention, and ruminal fermentation by beef steers. *J. Anim. Sci.*, v. 85, p. 3383-3390, 2007.

COLUCCI, P.E.; MACLEOD, G.K.; GROVUM, W.L. et al. Digesta kinetics in sheep and cattle fed diets with different forage to concentrate ratios at high and low intakes. *J. D. Sci.*, v.73, n.8, p.2143-2156, 1990

DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S. C.; PAULINO, M. F. et al. Cromo e indicadores internos na determinação do consumo de novilhos mestiços, suplementados, a pasto. *R. Bras. Zootec.*, v.30, n.5, p.1600-1609, 2001.

ELLIS, W. C.; BEEVER, K. C. *Techniques in particles size analysis of feed and digest in ruminants*. Methods for binding rare earths to specific feed particles. Edmonton: ed. Canadian Society of Animal Science, 1984. p.154-165.

GROVUM, W. L.; WILLIAMS, V. J. Rate of passage of digesta in sheep. 4. Passage of marker through the alimentary tract and the biological relevance of rate-constants derived from the changes in concentration of marker in faeces. *Brit. J. Nutr.*, v.30, n.3, p.313-329, 1973.

NKRUMAH, J. D.; OKINE, E. K.; MATHISON, G. W.; et al. Relationships of feedlot feed efficiency, performance, and feeding behavior with metabolic rate, methane production, and energy partitioning in beef cattle. *J. Anim. Sci.*, v. 84, p. 145-153, 2006.

OLIVEIRA, L. O. F.; SALIBA, E. O. S.; GONÇALVES, L. C.; et al. Digestibilidade *in situ* e cinética ruminal de bovinos de corte a pasto sob suplementação com proteinados. *R. Bras. Zootec.*, v.39, n.6, p. 1328-1335, 2010.

PEREIRA, J. C.; VIEIRA DA CUNHA, D. N. F.; CECON, P. R.; SOUZA FARIA, E. Comportamento ingestivo e taxa de passagem de partículas em novilhas leiteiras de diferentes grupos genéticos submetidas a dietas com diferentes níveis de fibra. *R. Bras. Zootec.*, v.36, n.6, p.2134-2142, 2007.

QUEIROZ, M. A. A.; SUSIN, I.; PIRES, A. V.; et al. Características físico-químicas de fontes proteicas e suas interações sobre a degradação ruminal e a taxa de passagem. *R. Bras. Zootec.*, v.39, n.7, p.1587-1594, 2010.

SEO, S.; LANZAS, C.; TEDESCHI, L. O.; et al. Development of a mechanistic model to represent the dynamics of particle flow out of the rumen and to predict rate of passage of forage particles in dairy cattle. *J. D. Sci.*, v.92, p.3981-4000, 2009.

SOARES, J. P. G.; AROEIRA, L. J. M.; VERNEQUE, R. S.; et al. Estimativas do Consumo e da Taxa de Passagem do Capim-Elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) sob Pastejo de Vacas em Lactação. *Rev. Bras. Zootec.*, v.30(6S), p.2183-2191, 2001.

SOUZA, A. S. *Partição energética e produção de metano em novilhas das raças Guzerá e Nelore submetidas a diferentes planos nutricionais*. Minas Gerais. 2016. 130f. Tese (Doutorado), Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

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

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

VIEIRA, B. R.; OBEID, J. A.; PEREIRA, O. G.; et al. Consumo, digestibilidade dos nutrientes e parâmetros ruminais em bovinos alimentados com silagem de capim-mombaça. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v.62, n.5, p. 1148-1157, 2010.

## Capítulo IV

### Avaliação do comportamento ingestivo de novilhas Nelore e Guzerá, sob dois planos alimentares

#### RESUMO

Avaliou-se o comportamento ingestivo de novilhas mantidas em confinamento, submetidas a dois planos alimentares. Utilizaram-se 12 novilhas, sendo seis da raça Nelore e seis da raça Guzerá e duas dietas: na primeira fase (restrita), a dieta foi formulada para manutenção do peso vivo, permitindo-se ganhos de 200 g/dia e na segunda fase (*ad libitum*), a dieta foi formulada para ganho de um quilograma/dia. As observações visuais do comportamento ingestivo foram feitas a cada dez minutos durante período de 24 horas. O delineamento estatístico utilizado foi o inteiramente casualizado. Na fase restrita, houve diferença apenas na eficiência de alimentação da matéria seca (EFAL da MS) (33,32 e 18,32 g/min, respectivamente para Guzerá e Nelore) e na eficiência de alimentação da fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (EFAL da FDNcp) (13,89 e 7,64 g/min, respectivamente para Guzerá e Nelore) para as novilhas da raça Guzerá ( $P < 0,05$ ). No período *ad libitum* o grupo Guzerá apresentou superioridade ( $P < 0,05$ ) em relação aos animais Nelore nos valores de consumo de matéria seca (CMS) (8,38 e 7,46 kg/dia, respectivamente para Guzerá e Nelore), e nas EFAL da MS (49,48 e 26,44 g/min, respectivamente, para Guzerá e Nelore) e EFAL da FDNcp (18,65 e 9,97 g/min, respectivamente para Guzerá e Nelore). A digestibilidade para MS (721,14 e 690,34 g/kgMS, respectivamente para Guzerá e Nelore) e FDNcp (694,14 e 662,82 g/kg FDNcp, respectivamente para Guzerá e Nelore) para as novilhas Guzerá no período restrito, foram superiores ( $P < 0,05$ ). Durante a fase restrita, os animais do grupo Nelore gastaram mais tempo (115 min) para se alimentar do que os animais do grupo Guzerá (65 min) ( $P < 0,05$ ). O número de mastigações meréricas por bolo ruminal (Nº MM/BR) dos animais Guzerá (50,51) apresentaram valores mais elevados do que do grupo Nelore (36,86) ( $P < 0,05$ ). Na fase *ad libitum*, as fêmeas Nelore (285 min) gastaram mais tempo para se alimentar do que as fêmeas Guzerá (170 min) ( $P < 0,05$ ). Conclui-se que as fêmeas da raça Guzerá apresentaram melhor adaptação a dieta restrita, com aumento da ruminação, que resultou em aumento da digestibilidade.

**Palavra-chave:** *Ad libitum*, alimentação, ócio, restrito, ruminação.

## ABSTRACT

The ingestive behavior of heifers kept in confinement, submitted to two feeding planes, was evaluated. Twelve heifers were used, six of the Nellore breed and six of the Guzera breed and two diets: in the first (restricted) stage, the diet was formulated to maintain live weight, allowing gains of 200 g / day and in the second stage (ad libitum), the diet was formulated to gain one kilogram / day. Visual observations of ingestive behavior were made every ten minutes for a 24-hour period. The statistical design was completely randomized. In the restricted phase, there was only difference in dry matter feed efficiency (DMFE) (33.32 and 18.32 g / min, respectively for Guzera and Nellore) and in feed efficiency of neutral detergent fiber corrected for ash and protein (NDFcp FE) (13.89 and 7.64 g / min, respectively for Guzera and Nellore) for Guzera heifers ( $P < 0.05$ ). In the ad libitum period, the Guzera group presented a superiority ( $P < 0.05$ ) in relation to the Nellore animals in the values of dry matter intake (DMI) (8.38 and 7.46 kg / day respectively for Guzera and Nellore) and DMFE (49.48 and 26.44 g / min, respectively, for Guzera and Nellore) and NDFcpFE (18.65 and 9.97 g / min, respectively for Guzera and Nellore). The digestibility for DM (721.14 and 690.34 g / kgDM, respectively for Guzera and Nellore) and NDFcp (694.14 and 662.82 g / kg NDFcp, respectively for Guzera and Nellore) for Guzera heifers in the restricted period, were higher ( $P < 0.05$ ). During the restricted phase, the animals of the Nellore group spent more time (115 min) to feed than the animals of the Guzera group (65 min) ( $P < 0.05$ ). The number of mastic chews per ruminal bolus ( $N^{\circ}$  MC / RB) of the Guzera animals (50.51) presented higher values than the Nellore group (36.86) ( $P < 0.05$ ). In the ad libitum phase, the Nellore females (285 min) spent more time to feed than the Guzera females (170 min) ( $P < 0.05$ ). It was concluded that Guzera females presented better adaptation to the restricted diet, with increased rumination, which resulted in increased digestibility.

**Key-words:** Ad libitum, feeding, resting, restricted, rumination.

## 1. INTRODUÇÃO

Segundo o IBGE, (2017) (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) o Brasil tem o maior rebanho comercial do mundo, com aproximadamente 212 milhões de cabeças. O rebanho é composto por cerca de 80% de animais das raças zebuínas (*Bos taurus indicus*), sendo que o Nelore representa 90% desta parcela. Por outro lado, a raça Guzerá vem crescendo muito no Brasil, principalmente para cruzamento com raças zebuínas e taurinas.

O estudo do comportamento ingestivo vem ganhando espaço nos últimos anos. Vários fatores podem alterá-lo, como a idade, o sexo, o peso vivo e a fase de produção que o animal se encontra (Thiago et al., 1992), além de fatores ambientais como temperatura e umidade, que podem influenciar no consumo (Ribeiro et al., 2011).

O conhecimento das particularidades do comportamento ingestivo em diferentes planos de alimentação é importante para a compreensão dos fatores que atuam na regulação do consumo voluntário. Animais que estão em restrição alimentar podem alterar seu comportamento ingestivo, como forma de tentar atender a sua exigência nutricional (Dias et al., 2011). Sabe-se que fêmeas zebuínas apresentam mecanismos adaptativos como resposta à alimentação restrita, que precisam ser conhecidos (Neumann et al., 2009). Conhecendo-se melhor a interação animal e dieta, pode-se fazer ajustes apropriados com desenvolvimento de modelos que sirvam de suporte para o aumento da produtividade animal (Mendonça et al., 2004).

O comportamento ingestivo do animal é avaliado pelos tempos de alimentação, ruminação, ócio, eficiência de alimentação e eficiência de ruminação (Dado e Allen, 1995). No transcorrer do estudo, o intervalo fixo de tempo entre as avaliações deve ser respeitado, para que possa ser observado qualquer tipo de mudança comportamental pelos animais, diminuindo as chances de erro na avaliação. O intervalo ideal entre avaliações é de 5 a 10 minutos (Mezzalira et al., 2011).

Objetivou-se neste estudo avaliar o comportamento ingestivo de fêmeas bovinas Nelore e Guzerá sob dois planos alimentares.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

**2.1.** Aprovação do comitê de ética, animais e instalações, tratamento, análises laboratoriais e delineamento estatístico foram descritos no capítulo 2 conforme itens 2.1, 2.2, 2.3, 2.4, 2,6, respectivamente.

### 2.2. Período experimental

O período experimental foi dividido em duas etapas: consumo restrito e consumo *ad libitum*. Após um período de adaptação à dieta e às instalações, iniciaram-se as dietas experimentais. No início da fase de consumo restrito, os animais tinham o peso vivo médio de  $194 \pm 9$ kg e receberam uma dieta próxima à manutenção do peso vivo, com ganhos de até 200g/dia (NRC, 2000). O ganho de peso foi controlado por pesagens semanais, sendo necessários 40 dias para estabilização do mesmo. As avaliações do comportamento ingestivo foram feitas por 48 h, sendo a temperatura ambiente média de 24°C e a umidade relativa do ar média de 54,40%.

Logo em seguida os animais passaram a receber a mesma dieta na forma *ad libitum*, formulada para ganho de peso de aproximadamente 1 kg/dia (NRC, 2000). A estabilização do consumo e do ganho de peso ocorreu 80 dias após o início do período, quando os animais Nelore e Guzerá tinham, respectivamente, peso vivo médio inicial de 385,83 kg e 394,42 kg. Da mesma forma que no período anterior, as avaliações foram realizadas por 48h, quando a temperatura ambiental média foi 21°C e a umidade relativa do ar média 60,54%.

### 2.3. Avaliação do comportamento ingestivo

A observação visual do comportamento ingestivo foi feita em dois dias consecutivos tanto no período *ad libitum* quanto no restrito. No primeiro dia, foi realizada a avaliação de cada animal a cada 10 minutos, durante 24 horas, o que totalizou um número de 144 observações para determinação dos tempos despendidos com alimentação, ruminação e ócio (Burger et al., 2000). Um avaliador com uma prancheta que continha todos os animais e a cada dez minutos o avaliador marcava o que cada animal estava fazendo. Além dessas avaliações foram coletados dados dos animais em estado de decúbito ou de pé realizando tanto o processo de ruminação como em estado de ócio.

Foram avaliados também o consumo de matéria seca em quilograma por dia- (CMS), consumo de matéria seca expresso em porcentagem de peso vivo (CMS%PV), consumo de matéria orgânica em quilograma por dia (CMO), consumo de fibra detergente neutro corrigido para cinzas e proteína em quilograma por dia (CFDNcp) e consumo de fibra detergente neutro corrigido para cinzas e proteína expresso em porcentagem de peso vivo (CFDNcp%PV).

O dia foi dividido em seis períodos com a mesma duração (08:00 - 11:50; 12:00 - 15:50; 16:00 - 19:50; 20:00 - 23:50; 00:00 - 03:50; 04:00 - 07:50), o que permitiu perceber de uma maneira mais nítida como as atividades se concentraram, tanto ao longo do dia como para as diferentes raças.

No segundo dia, foram feitas as contagens do número de mastigações meréricas por bolo ruminal (N<sup>o</sup>MM/BR) para cada animal, com a utilização de um cronômetro digital. Estes valores foram obtidos a partir das observações feitas durante a ruminação de cinco bolos ruminais, em três períodos diferentes do dia: 9 às 12hs, 13 às 16hs e de 17 às 20hs, conforme metodologia descrita por Bürger et al. (2000).

O TMT (tempo de mastigação total, expresso em minutos) foi calculado pela soma do tempo de alimentação com o tempo de ruminação. O número de bolos por dia (N<sup>o</sup> Bolos/dia) foi obtido pela divisão da ruminação pelo tempo de mastigação por bolo.

A eficiência de alimentação da matéria seca expressa em gramas MS por minuto (EFAL MS) foi obtida pela divisão do consumo da matéria seca pelo tempo gasto para alimentação. A eficiência de alimentação da fibra detergente neutro corrigido para cinzas e proteína expressa em gramas FDNcp por minuto (EFAL FDNcp) foi obtida pela divisão do consumo de FDNcp pelo tempo gasto para alimentação. A eficiência de ruminação expressa em gramas MS por minuto (EFR MS) foi obtida pela divisão do consumo da matéria seca pelo tempo de ruminação. A eficiência de ruminação da fibra detergente neutro corrigido para cinzas e proteína expressa em gramas FDNcp por minuto (EFRFDNcp) foi obtida pela divisão do consumo da FDNcp pelo tempo de ruminação.

A ruminação da matéria seca expressa em minutos por gramas MS (RUMMS) foi obtida pela divisão do tempo de ruminação pelo CMS. A ruminação da fibra detergente neutro corrigido para cinzas e proteína expressa em minutos por gramas FDNcp (RUMFDNcp) foi obtida pela divisão tempo gasto de ruminação pelo CFDNcp.

A mastigação da matéria seca expressa em minutos por gramas MS (MASTMS) foi obtida pela divisão do TMT pelo CMS. A mastigação da fibra detergente neutro corrigido para cinzas e proteína expressa em minutos por gramas FDNcp (MASTFDNcp) foi obtida pela divisão do TMT pelo CFDNcp.



A eficiência alimentar da matéria seca (EAMS) foi obtida pela razão entre ganho de peso vivo e CMS, ambos expressos em quilograma.

### **3. RESULTADO E DISCUSSÃO**

Durante a fase restrita, houve diferença apenas na EFAL da MS e na EFAL da FDNcp, já que as fêmeas da raça Guzerá apresentaram maior eficiência de alimentação do que as fêmeas da raça Nelore ( $P < 0,05$ ). A EFAL é definida como sendo a divisão do consumo de nutriente avaliado pelo tempo gasto consumindo tal nutriente. Neste caso, dividiu-se o CMS e o CFDNcp pelo tempo total que o animal gastou se alimentando (tabela 3). Os animais da raça Guzerá mostraram-se mais eficientes pelo fato de terem ingerido a mesma quantidade de alimento do que os animais Nelore em menor tempo. A EAMS não apresentou diferença ( $P > 0,05$ ) entre as raças tanto na fase restrita como na fase *ad libitum*.

**Tabela 1.** Consumo diário, expresso em kg de matéria seca por dia (CMS), em porcentagem de peso vivo (CMS%PV), em kg de matéria orgânica por dia (CMO), em kg de fibra em detergente neutro corrigido para cinzas e proteína por dia (CFDNcp), em kg de FDNcp em porcentagem de peso vivo (CFDNcp%PV), eficiência de alimentação da matéria seca em gramas MS por minuto (EFAL da MS), eficiência de alimentação da FDNcp em gramas FDNcp por minuto (EFAL da FDNcp), eficiência de ruminação da matéria seca em gramas MS por minuto (EFRMS), eficiência de ruminação da FDNcp em gramas FDNcp por minuto (EFRFDNcp), ruminação da matéria seca em minutos por grama de MS (RUM. MS), ruminação da FDNcp em minutos por grama FDNcp (RUM FDNcp), tempo gasto para mastigação da matéria seca em minutos por grama MS (MAST. MS), tempo gasto para mastigação da FDNcp em minutos por grama FDNcp (MAST. FDNcp), eficiência alimentar da matéria seca (EAMS) em novilhas da raça Nelore e Guzerá durante as fases restrita e *ad libitum*

Variável	Fase Restrita			Valor de P**
	Nelore	Guzerá	EPM*	
CMS (kg/dia)	2,09	2,14	0,023	0,271
CMS (%PV)	0,93	0,95	0,013	0,456
CMO (kg/dia)	1,89	1,94	0,020	0,284
CFDNcp (kg/dia)	0,87	0,89	0,009	0,247
CFDNcp (%PV)	0,39	0,39	0,005	0,480
EFAL da MS (g MS/min)	18,32	33,32	2,413	0,000
EFAL da FDNcp (g FDNcp/min)	7,64	13,89	1,005	0,000
EFRMS (g MS/min)	8,25	7,49	0,242	0,119
EFRFDNcp (g FDNcp/min)	3,44	3,12	0,101	0,115
RUM MS (min/g MS)	0,12	0,13	0,004	0,118
RUM FDNcp (min/g FDNcp)	0,29	0,32	0,009	0,148
MAST. MS (min/g MS)	0,17	0,16	0,004	0,299
MAST. FDNcp (min/g FDNcp)	0,42	0,39	0,011	0,202
EAMS	0,09	0,10	0,003	0,555
Variável	Fase <i>Ad libitum</i>			Valor de P**
	Nelore	Guzerá	EPM*	
CMS (kg/dia)	7,46	8,38	0,204	0,016
CMS (%PV)	2,02	2,24	0,054	0,036
CMO (kg/dia)	6,94	7,79	0,190	0,017
CFDNcp (kg/dia)	2,81	3,15	0,075	0,015
CFDNcp (%PV)	0,76	0,84	0,020	0,043
EFAL da MS (g MS/min)	26,44	49,48	3,707	0,000
EFAL da FDNcp (g FDNcp/min)	9,97	18,65	1,397	0,000
EFRMS (g MS/min)	15,01	14,85	0,338	0,823
EFRFDNcp (g FDNcp/min)	5,66	5,59	0,126	0,806
RUM MS (min/g MS)	0,06	0,06	0,002	0,720
RUM FDNcp (min/g FDNcp)	0,17	0,17	0,004	0,717
MAST. MS (min/g MS)	0,10	0,08	0,003	0,002
MAST. FDNcp (min/g FDNcp)	0,28	0,23	0,009	0,001
EAMS	0,14	0,15	0,005	0,480

\*Erro Padrão da Média

\*\*Médias diferem entre si pelo teste de T a 5% de probabilidade.

De acordo com Mertens (1994), o CMS é uma das variáveis mais importantes que influencia o desempenho animal. Quando a disponibilidade de alimento limita o consumo, os

animais alteram o comportamento ingestivo, utilizando mecanismos como diminuição do tamanho de bocado ou aumento da taxa de bocados (Fischer, 1996). Hodgson (1990), destacou que os ruminantes adaptam-se às diversas condições de alimentação, manejo e ambiente, modificando seus parâmetros de comportamento ingestivo para alcançar e manter determinado nível de consumo, compatível com suas exigências nutricionais.

Animais que passam por restrição alimentar podem alterar seu comportamento ingestivo como maneira de tentar atender a sua exigência nutricional com a quantidade de alimento disponível. Dias et al. (2011) observaram que os animais que foram submetidos a uma dieta restrita tiveram aumento na taxa de mastigação e aumento no tempo de retenção da digesta, contribuiu para melhorar digestibilidade do alimento.

Quando o animal passa por restrição alimentar pode ocorrer uma retenção seletiva da digesta, o que pode contribuir para o aumento da eficiência de mastigação, pelo fato de haver retenção de partículas maiores, dessa maneira, há aumento na ruminação dessas partículas, com consequente melhor aproveitamento e especialmente em alimentos fibrosos de baixa qualidade (Fritz et al., 2009).

No período *ad libitum* o grupo Guzerá apresentou superioridade ( $P < 0,05$ ) em relação aos animais Nelore nos valores de CMS, CMS%PV, CMO, CFDNcp, CFDNcp%PV e nas EFALMS e EFALFDNcp (tabela 1). EFRMS, EFRFDNcp, RUMMS e RUMFDNcp não apresentaram diferença entre as raças testadas nesta fase alimentar ( $P > 0,05$ ) (tabela 1).

Os valores de MAST. MS e MAST. FDN das fêmeas Nelore foram maiores ( $P < 0,05$ ) quando comparados aos das fêmeas Guzerá, determinando que as fêmeas Nelore comeram menor quantidade e mastigaram mais o alimento ingerido, já que o valor de mastigação é obtido através da divisão do tempo de mastigação total pelo consumo do nutriente avaliado.

Missio et al. (2010) avaliaram o comportamento ingestivo de bovinos terminados em confinamento alimentados com 22, 40, 59 ou 79% de concentrado na dieta e verificou que o tempo destinado ao consumo de alimento foi correlacionado ao teor de fibra em detergente neutro da dieta em 0,70 ( $P < 0,01$ ).

**Tabela 2.** Digestibilidade dos nutrientes em novilhas das raças Nelore e Guzerá nas fases restrita e na fase *ad libitum*\*\*\*

Variável	Fase Restrita			Valor de P**
	Nelore	Guzerá	EPM*	
	g/kg de nutriente			
MS	690,34	721,14	6,293	0,006
MO	746,07	764,55	5,153	0,069
FDNcp	662,82	694,14	4,955	0,000
Variável	Fase <i>Ad libitum</i>			Valor de P**
	Nelore	Guzerá	EPM*	
	g/kg de nutriente			
MS	673,23	674,01	4,662	0,938
MO	688,59	695,67	3,879	0,386
FDNcp	571,22	597,71	6,292	0,026

\*Erro Padrão

\*\*Médias diferem entre si pelo teste de T a 5% de probabilidade.

\*\*\*Dados de digestibilidade apresentados por Souza (2016)

Observando-se a tabela 2 verifica-se que os valores de digestibilidade nas novilhas Guzerá no período restrita, foram superiores das fêmeas Nelore ( $P < 0,05$ ) para as variáveis MS e FDNcp. As fêmeas Guzerá apresentaram uma característica interessante que foi de se adaptar melhor à restrição alimentar, já que com a mesma quantidade de alimento que as Nelore (tabela 1) ingeriram, as novilhas Guzerá aproveitaram melhor o alimento fornecido.

Além das novilhas Guzerá terem apresentado superioridade nos valores de digestibilidade da MS e FDNcp, elas apresentaram maior eficiência de alimentação ( $P < 0,05$ ) para MS e FDNcp, ou seja, elas comeram a mesma quantidade de dieta que as novilhas Nelore, em menor tempo (tabela 1) para uma mesma taxa de passagem (tabela 2, capítulo III). Esses resultados corroboram com Nkrumah et al. (2006), onde afirmaram que o aumento na digestibilidade da MS pode resultar em grandes diferenças na eficiência alimentar entre animais.

Já no período *ad libitum* houve diferença apenas ( $P < 0,05$ ) na digestibilidade da FDNcp. De acordo com Forbes (1996), entre os fatores que afetam diretamente a digestibilidade de um alimento destaca-se como de maior importância o nível de consumo do animal. Esta relação obedece um padrão inversamente proporcional, ou seja, quanto menor o nível de consumo, maior a digestibilidade do alimento, evento que envolve fenômenos como a redução da taxa de passagem ruminal, fato este ocorrido nesse estudo, com valores baixos para a taxa de passagem na fase restrita das novilhas (tabela 2, capítulo III).

**Tabela 3.** Comparação do tempo gasto (em minutos) para se alimentar, em ócio, ruminação, em atividade de mastigação total (TMT), em número de mastigações meréricas por bolo ruminal (NºMM/BR) e número de bolos por dia (Nº Bolos/min) em novilhas das raças Nelore e Guzerá nas fases restrita e *ad libitum*

Variável	Fase Restrita			
	Nelore	Guzerá	EPM*	Valor de P**
Alimentação (min)	115,00	65,00	8,118	0,000
Ócio (min)	1047,00	1085,00	10,073	0,057
Ruminando (min)	255,00	287,00	9,021	0,068
TMT (min)	370,00	352,50	8,958	0,352
Nº MM/BR	36,86	50,51	2,485	0,000
Nº Bolos/dia	383,32	343,27	17,148	0,261
Variável	Fase de <i>Ad libitum</i>			
	Nelore	Guzerá	EPM*	Valor de P**
Alimentação (min)	285,00	170,00	18,210	0,000
Ócio (min)	643,00	690,00	9,540	0,005
Ruminando (min)	498,50	565,00	12,966	0,003
TMT (min)	783,50	735,00	9,763	0,005
Nº MM/BR	59,00	61,55	1,897	0,527
Nº Bolos/dia	559,76	667,69	18,079	0,000

\*Erro Padrão

\*\*Médias diferem entre si pelo teste de T a 5% de probabilidade.

Durante a fase restrita, os animais do grupo Nelore gastaram mais tempo para se alimentar quando comparados com os animais Guzerá ( $P < 0,05$ ) (tabela 3). O tempo gasto para ruminar e para o ócio foi similar entre as raças ( $P > 0,05$ ). O TMT e o Nº bolos/dia também foram iguais ( $P > 0,05$ ) entre os grupos, somente no Nº MM/BR que os animais Guzerá apresentaram valores mais elevados do que do grupo Nelore ( $P < 0,05$ ).

A mastigação durante a ingestão e/ou a ruminação atua na redução das partículas do alimento e auxilia nas condições ótimas para a celulobiase ruminal, devido ao efeito sobre a produção de saliva (Pazdiora et al., 2011). Por sua vez, a diminuição da atividade de mastigação pode desencadear alguns problemas como menor secreção de saliva, redução do pH ruminal, alteração do padrão de fermentação e redução da relação acetato : propionato (Van Soest, 1994).

As fêmeas Guzerá foram mais eficientes no período restrito, por terem apresentado valores superiores de Nº MM/BR, ou seja, elas mastigaram mais o alimento ingerido e devido a isso, pode ter havido diminuição do tamanho das partículas do alimento e assim com aumento da digestibilidade ( $P < 0,05$ ).

Segundo Beauchemin (1992) a mastigação da forragem aumenta a fração potencialmente digestível da FDN e aparentemente a mastigação aumenta a adesão microbiana, diminuindo o tempo necessário para degradar o alimento no rúmen. Além disso a saliva adicionada ao alimento durante a mastigação desempenha um papel importante, solubilizando

a matéria seca digestível da planta, promovendo um efeito importante sobre a taxa posterior da digestão do alimento e, indiretamente, sobre a capacidade de ingestão de alimento do animal (Bailey, 1962).

Na fase *ad libitum*, as fêmeas Nelore gastaram mais tempo para se alimentar do que as fêmeas Guzerá ( $P < 0,05$ ) (tabela 3). Em relação ao tempo gasto com ócio e ruminando as fêmeas Guzerá passaram mais tempo nessas duas atividades ( $P < 0,05$ ). Sendo assim as novilhas Guzerá gastaram menor tempo se alimentando, dispuseram de maior tempo para o ócio e para ruminarem mais o alimento ingerido. Segundo Ribeiro et al. (2011) quando os animais ruminam mais, o alimento é quebrado em partículas pequenas, facilitando a degradação por expor a fração da fibra potencialmente digestível à microbiota ruminal.

Na fase *ad libitum* os animais passaram a ingerir maior quantidade de alimento, e assim sendo maior quantidade de fibra também, sendo assim, os animais ingeriram maior quantidade de FDN (tabela 1). Desse modo, para que ocorra redução no tamanho de partícula da fibra, é necessário que haja aumento na ruminação. Neste estudo observou-se diminuição na taxa de mastigação e ruminação da FDN.

Isso pode ter ocorrido por causa da seleção da dieta feita pelos animais, pois como pode ser observado na tabela 4, os animais não selecionaram tanto o FDN, pois os valores apresentados na dieta estão bem similares aos valores das sobras, lembrando que nesse período de avaliação a dieta foi fornecida para que houvesse sobras de 10%.

**Tabela 4.** Valor nutricional das sobras de alimentos durante a fase *ad libitum*

NUTRIENTES	DIETA	SOBRAS (%) Guzerá	SOBRAS (%) Nelore
MS	38,16	92,61	91,54
EE	3,01	2,21	2,46
PB	14,22	9,48	9,64
FDN	41,44	41,75	40,34
MM	7,06	6,66	7,59
NDT	77,08	69,00	69,53

MS: matéria seca; EE: extrato etéreo; PB: proteína bruta; FDN: fibra em detergente neutro; MM: matéria mineral; NDT: nutrientes digestíveis totais.

De acordo com Suarez (2014), quando o alimento é fornecido com 5% a 10% acima da quantidade requerida pode-se observar que a composição bromatológica das sobras diferenciam-se da dieta total pela seleção alimentar praticada pelo animal. Entretanto, quanto mais bem misturada estiver a dieta, menor a seleção pelo animal. Neumann et al. (2009) avaliaram o alimento oferecido a bovinos de corte em confinamento e as sobras dos mesmos. Estes pesquisadores também relacionaram a seletividade dos ingredientes ao comportamento

ingestivo e para que não ocorra isso, é importante haver distribuição apropriada da dieta, como mistura e tamanho de partículas para que não haja seleção da mesma, interferindo no tempo de ruminação, a estabilidade de pH ruminal e na taxa de passagem.

Pereira et al. (2007) avaliaram o comportamento ingestivo de novilhas leiteiras mantidas em confinamento e alimentadas com dois níveis de FDN (30 e 60%), utilizando-se como volumoso o capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, cv. Mineirão) picado. Os autores observaram que o aumento do percentual de FDN na dieta de 30 para 60% elevou ( $P<0,05$ ) o número de mastigações por bolo, o número de bolos por dia, o número de mastigações por dia e o tempo de mastigação total. Entretanto, a taxa de ruminação da FDN diminuiu ( $P<0,05$ ) com o aumento do conteúdo de fibra da dieta, os tempos de ruminação e mastigação por unidade de FDN consumida também decresceram. Os autores concluíram que houve maior eficiência da quebra de partículas do volumoso para a dieta com menor nível de fibra (30%), quando comparado ao grupo de 60% FDN.

**Tabela 5.** Comparação entre as raças Nelore e Guzerá do tempo gasto em minutos para o ócio deitado, ócio em pé, ruminando deitado, ruminando em pé nas fases restrita e *ad libitum*

Variável	Fase Restrita			
	Nelore	Guzerá	EPM*	Valor de P**
Ócio deitado (min)	607,50	490,00	19,008	0,000
Ócio em pé (min)	440,00	595,00	24,552	0,000
Ruminando deitado (min)	235,00	260,00	8,245	0,135
Ruminando em pé (min)	20,00	27,50	5,253	0,501
Variável	Fase de <i>Ad libitum</i>			
	Nelore	Guzerá	EPM*	Valor de P**
Ócio deitado (min)	389,50	452,50	16,400	0,048
Ócio em pé (min)	253,50	237,50	9,207	0,410
Ruminando deitado (min)	400,50	447,50	11,182	0,026
Ruminando em pé (min)	98,00	117,50	7,912	0,234

\*Erro Padrão

\*\*Médias diferem entre si pelo teste de T a 5% de probabilidade.

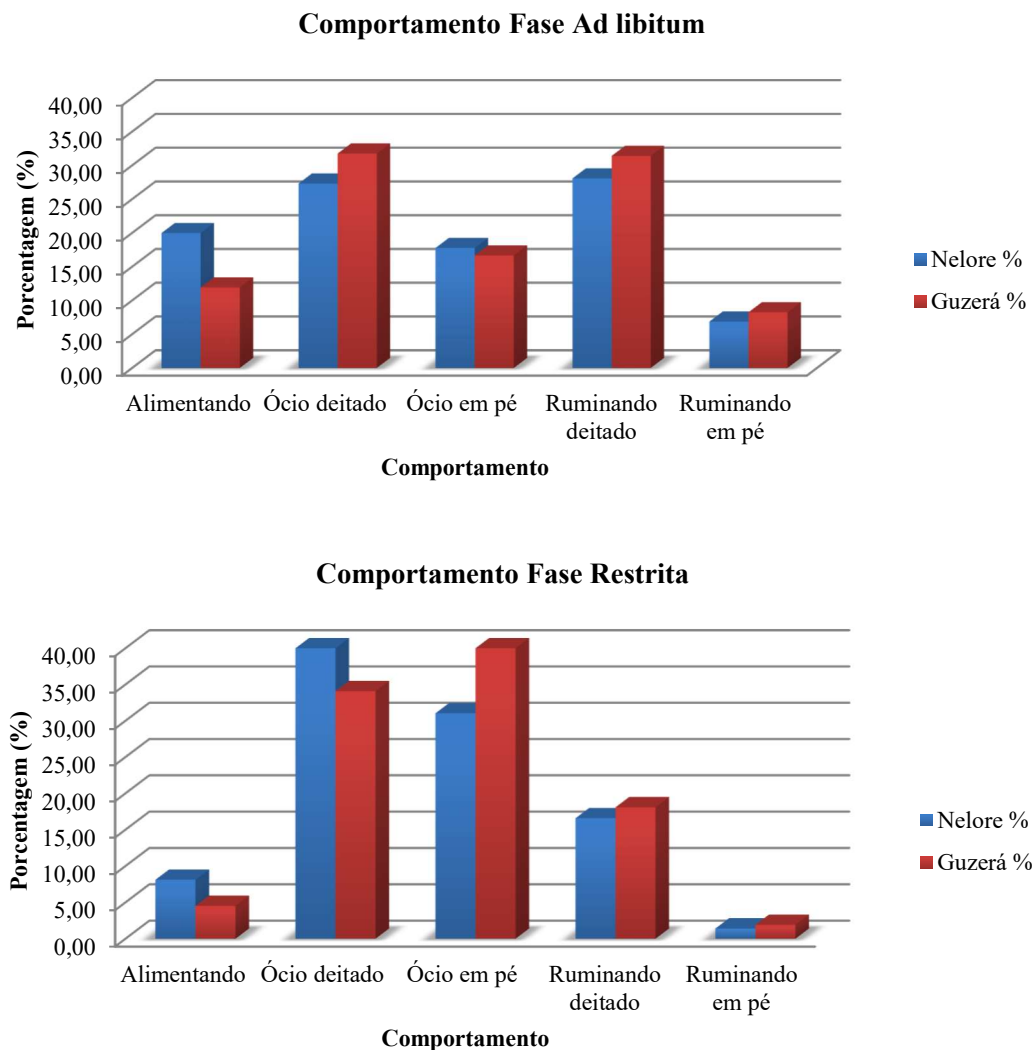
Uma característica importante que deve ser levada em consideração é o tempo que o animal gasta ruminando deitado (tabela 5, figura 1), pois é indicativo de bem-estar do animal. Nesse sentido, tanto as novilhas Nelore quanto as Guzerá passaram mais tempo ruminando deitadas do que ruminando em pé, mostrando que, ao longo de todo experimento, o ambiente propiciou condições para conforto e bem-estar aos animais durante os dois planos alimentares.

Analisando-se o tempo gasto para cada variável estudada do comportamento ingestivo (tabela 5) as fêmeas Nelore durante a fase restrita ficaram mais tempo em ócio deitado e as fêmeas Guzerá ficaram mais tempo em ócio em pé ( $P<0,05$ ). Na fase *ad libitum* as novilhas

Guzerá ficaram mais tempo em ócio deitado e ruminando deitado do que as novilhas Nelore (figura 1).

Na fase restrita, o tempo de ócio tanto deitado como em pé foi maior do que o tempo gasto alimentando, pois a dieta era fornecida numa quantidade que permitisse apenas a manutenção corporal das fêmeas. Desta maneira, que no momento em que era colocada a dieta no cocho a procura pelo alimento era imediata, o qual era finalizada em pouco tempo e assim sobrava mais tempo para o ócio e ruminar.

Pereira et al. (2007) observaram valores de 28 % e 15,8 % para atividades de alimentação e ruminação, respectivamente, em novilhas leiteiras mantidas em confinamento e alimentadas com nível de 60% de FDN, utilizando-se como volumoso o capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, cv. Mineirão) picado.

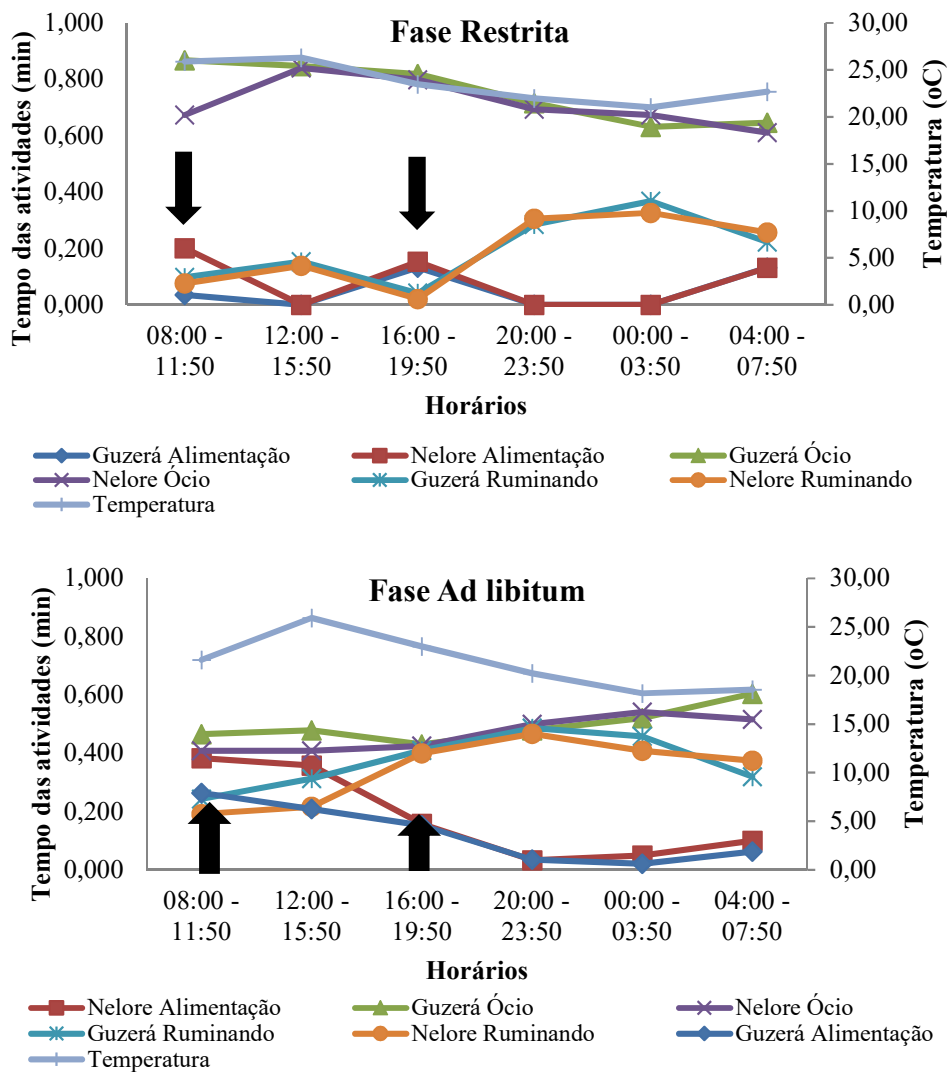


**Figura 1** - Gráfico do tempo destinado para cada variável estudada, em porcentagem, em fêmeas Nelore e Guzerá nas fases restrita e *ad libitum*.



Damasceno et al. (1999) afirmaram que há uma preferência dos animais em ruminarem deitados, principalmente nos períodos mais frescos do dia. A figura 2 mostra o comportamento alimentar dos animais com a variação de temperatura ao longo do dia. É possível observar que os horários em que os animais passaram mais tempo ruminando foi a partir das 16:00 horas, estendendo por toda a noite, fato esse ocorrido muito provavelmente por causa da temperatura, pois no segundo arraçoamento do dia a temperatura estava mais amena, que dá mais conforto para os animais se alimentarem. Outro fato observado foi a ocorrência de picos de ruminação também após os períodos de alimentação, tanto na fase restrita como na fase *ad libitum*, em ambas as raças.

A umidade relativa do ar média foi de 54,40% no período restrito e de 60,54% no período *ad libitum*.



**Figura 2** - Gráfico de horários em que os animais se alimentaram, ruminaram e ficaram em ócio, sob diferentes temperaturas ao longo do dia nas fases restrita e na fase *ad libitum* (seta preta na figura representa o momento do fornecimento da dieta).

A procura de alimento por animais confinados é caracterizada por dois momentos principais: início da manhã e final da tarde. Durante as horas mais quentes do dia há redução da frequência de alimentação, aumentando a frequência nas primeiras horas da manhã (Damasceno et al., 1999).

As atividades diárias dos animais ruminantes confinados são definidas basicamente por três comportamentos: alimentação, ruminação e ócio, sendo os períodos gastos com a ingestão de alimentos intercalados com períodos de ruminação ou ócio (Pazdiora et al., 2011).

Segundo Pinto et al. (2010) para bovinos confinados, o comportamento de procura por alimento é bem característico, sendo que o momento de ingestão de alimento ocorre logo após a oferta da dieta no cocho, e esses períodos de ingestão são intercalados com um ou mais períodos de ruminação ou ócio, sendo o tempo gasto em ruminação mais elevado à noite.

O comportamento ingestivo de bovinos pode variar de acordo com o tipo de alimentação, sendo para animais mantidos a pasto caracterizado por períodos longos de alimentação, de quatro a doze horas por dia. No entanto, para animais confinados, os períodos variam de uma a seis horas ou mais, dependendo do teor de energia da dieta fornecida (Bürger et al., 2000).

Vários fatores podem determinar o comportamento ingestivo em bovinos, alguns relacionados com o animal, como capacidade do trato digestivo, degradação, digestão dos nutrientes, fatores externos, como tipo de alimento, suprimento das exigências energéticas, teores de FDN, topografia do terreno, espaçamento de cocho, temperatura e animais dominantes no lote (Pazdiora et al., 2011; Forbes, 1996).

Zanine et al. (2007) avaliaram o comportamento ingestivo de novilhas, novilhos e vacas em pastagens de capim *coast-cross* (*Cynodon* spp.) no período diurno e noturno e observaram que o pastejo foi intenso de 16 às 19 horas, com pico de pastejo às 17 horas. Segundo Van Soest (1994), os animais pastejam acentuadamente entre 18 e 20 horas, quando as temperaturas são inferiores a 25°C, e posteriormente os animais intensificam as atividades de ruminação e ócio.

Os bovinos são animais de hábito diurno, sendo que a atividade de alimentação é mais frequente e ocupa maior parte do dia. Contudo, esse comportamento pode se inverter em situações de altas temperaturas, como um mecanismo de adaptação (Forbes, 1996), o que não ocorreu neste estudo.

O ócio é considerado o tempo que o animal fica sem atividade física, podendo estar deitado ou em pé. A diminuição do tempo destinado à ruminação e o aumento do tempo de descanso dos animais são importantes, pois implicam na diminuição de atividade física,

contribuindo para o melhor desempenho do animal convertido em ganho de peso (Pazdiora et al., 2011; Pereira et al., 2009).

Pancoti et al. (2011) trabalharam com novilhas Holandês x Zebu, com peso corporal médio inicial de 250 kg, confinadas em sistema tipo "*tie stall*" com cochos e bebedouros individuais, alimentadas com cana-de-açúcar acrescida ou não a 1% de óxido de cálcio na matéria natural e observaram que no período noturno houve uma maior concentração da atividade de ruminação, quando a temperatura estava mais amena. Este trabalho corrobora o achado neste experimento, em que houve maior concentração de ruminação no período noturno que coincidiu com a temperatura mais amena do dia.

#### **4. CONCLUSÃO**

As fêmeas da raça Guzerá apresentaram melhor adaptação à dieta no período restrito, aproveitando melhor o alimento fornecido. Apresentaram maior eficiência alimentar, número de mastigação merísticas e digestibilidade da matéria seca superiores às novilhas Nelore.

Os animais procuraram alimento e ruminaram mais nos horários mais frescos do dia. O ambiente em que essas novilhas estavam confinadas apresentou-se adequado para o bem-estar delas, já que elas passaram a maior parte do tempo ruminando deitadas.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

No estudo do uso dos indicadores para estimar a produção fecal e consumo, o uso do indicador NANOLIPE® apresentou valores mais próximos dos valores reais.

O  $\text{TiO}_2$  não conseguiu estimar as produções fecais e o consumo, apresentando valores subestimados ou superestimados.

Para o estudo da taxa de passagem da fase sólida, o modelo matemático escolhido para esse estudo foi adequado para prever a cinética das partículas do alimento nas novilhas.

As variáveis estudadas para cinética de partículas foram similares nas raças Guzerá e Nelore.

No estudo do comportamento ingestivo das fêmeas Nelore e Guzerá, as fêmeas da raça Guzerá apresentaram melhor adaptação à dieta no período restrito, aproveitando melhor o alimento fornecido com maior eficiência alimentar, número de mastigação merísticas e digestibilidade da matéria seca superiores às novilhas Nelore. As novilhas Guzerá comeram a mesma quantidade de alimento que as novilhas Nelore, em menor tempo para uma mesma taxa de passagem.

As novilhas procuraram se alimentar e ruminar nos horários mais frescos do dia e o ambiente em que essas novilhas estavam apresentou-se adequado para o bem-estar, já que elas passaram a maior parte do tempo ruminando deitadas.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAILEY, C. B. Rates of digestion of swallowed and unswallowed dried grass in the rumen. *Can. J. Anim. Sci.*, v.42, p.49-54, 1962.

BEAUCHEMIN, K. A. Effects of digestive and ruminative mastication on digestion of forage by cattle. *Anim. Feed. Sci. Techn.*, v.1, p.41-56, 1992.

BÜRQUER, P. J.; PEREIRA, J. C.; QUEIROZ, A. C.; et al. Comportamento ingestivo em bezerros holandeses alimentados com dietas contendo diferentes níveis de concentrado. *R. Bras. Zootec.*, v.29, n.1, p.236-242, 2000.

DADO, R. G.; ALLEN, M. S. Intake limitation, feeding behavior and rumen function of cows challenged with rumen fill from dietary fiber or inert bulk. *J. D. Sci.*, v.78, n.1, p.118-133, 1995.

DAMASCENO, J. C.; BACCARI Jr, F.; TARGA, L. A. Respostas comportamentais de vacas holandesas, com acesso à sombra constante ou limitada. *Pesq. Agrop. Bras.*, 34: 709-715, 1999.

DIAS, R. S.; PATINO, H. O.; LOPEZ, S.; et al. Relationships between chewing behavior, digestibility, and digesta passage kinetics in steers fed oat hay at restricted and ad libitum intakes. *J. An. Sci.*, v.89, p.1873–1880, 2011.

FISCHER, V. *Efeitos do fotoperíodo, da pressão de pastejo e da dieta sobre o comportamento ingestivo de ruminantes*. Rio Grande do Sul. 1996. 243f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

FORBES, J. M. Integration of regulatory signals controlling forage intake in ruminants. *J. Ani. Sci.*, v.74, p.3029-3035, 1996.

FRITZ, J.; HUMMEL, J.; KIENZLE, E.; et al. Comparative chewing efficiency in mammalian herbivores. *Oikos*, v.118, p.1623–1632, 2009.

HODGSON, J. *Grazing management: science into practice*. England: Longman Handbooks in Agriculture, 1990. 203p.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acessado no dia 03/04/2017.

MENDONÇA, S. S.; CAMPOS, J. M. S.; VALADARES FILHO, S. C. et al. Consumo, produção e composição de leite, variáveis ruminais de vacas leiteiras alimentadas com dietas à base de cana-de-açúcar. *R. Bras. Zootec.*, v. 33, n. 2, p. 481-492, 2004.

MEZZALIRA, J. C.; CARVALHO, P. C. F.; FONSECA, L.; et al. Aspectos metodológicos do comportamento ingestivo de bovinos em pastejo. *R. Bras. Zootec.*, v.40, n.5, p.1114-1120, 2011.

MERTENS, D. R. *Regulation of forage intake*. Forage quality evaluation and utilization. Nebraska: American Society of Agronomy, 988p. 1994.

MISSIO, R. L.; BRONDANI, I. L.; ALVES FILHO, D. L.; et al. Comportamento ingestivo de tourinhos terminados em confinamento, alimentados com diferentes níveis de concentrado na dieta. *R. Bras. Zootec.*, v.39, p.1571-1578, 2010.

NEUMANN, M.; RESTLE, J.; MUHLBACH, R. F.; et al. Comportamento ingestivo e de atividades de novilhos confinados com silagens de milho de diferentes tamanhos de partícula e alturas de colheita. *Ciê. An. Bras.*, v.10, n.2, p.462-473, 2009.

NKRUMAH, J. D.; OKINE, E. K.; MATHISON, G. W.; et al. Relationships of feedlot feed efficiency, performance, and feeding behavior with metabolic rate, methane production, and energy partitioning in beef cattle. *J. Anim. Sci.*, v. 84, p. 145-153, 2006.

PANCOTI, C. G.; BORGES, A. L. C. C.; LOPES, F. C. F.; et al. Comportamento ingestivo de novilhas recebendo dietas contendo cana-de-açúcar tratadas ou não com óxido de cálcio. *R. Bras. Agrop. Sust. (RBAS)*, v.1, n.2, p.77-83, 2011.

PAZDIORA, R. D.; BRONDANI, I. L.; FLORIANO DA SILVEIRA, M.; et al. Efeitos da frequência de fornecimento do volumoso e concentrado no comportamento ingestivo de vacas e novilhas em confinamento. *R. Bras. Zootec.*, v.40, n.10, p.2244-2251, 2011.

PEREIRA, E. S.; MIZUBUTI, I. Y.; RIBEIRO, E. L. A.; et al. Consumo, digestibilidade aparente dos nutrientes e comportamento ingestivo de bovinos da raça Holandesa alimentados com dietas contendo feno de capim-tifton 85 com diversos tamanhos de partícula. *R. Bras. Zootec.*, v.38, n.1, p.190-195, 2009.

PEREIRA, J. C.; VIEIRA DA CUNHA, D. N. F.; CECON, P. R.; SOUZA FARIA, E. Comportamento ingestivo e taxa de passagem de partículas em novilhas leiteiras de diferentes grupos genéticos submetidas a dietas com diferentes níveis de fibra. *R. Bras. Zootec.*, v.36, n.6, p.2134-2142, 2007.

PINTO, A. P.; MARQUES, J. A.; ABRAHÃO, J. J. S.; et al. Comportamento e eficiência ingestiva de tourinhos mestiços confinados com três dietas diferentes. *Arch. Zootec.*, v.59 (227), p.427-434, 2010.

RIBEIRO, E. L. A.; MIZUBUTI, I. Y.; FERREIRA DA SILVA, L. D.; et al. Desempenho, comportamento ingestivo e características de carcaça de cordeiros confinados submetidos a diferentes frequências de alimentação. *R. Bras. Zootec.*, v.40, n.4, p.892-898, 2011.

SANTANA JÚNIOR, H. A.; SILVA, R. R.; CARVALHO, G. G. P. et al. Comportamento ingestivo de novilhas suplementadas a pasto sob nutrição compensatória. *Arch. Zootec.*, v.62, n.237, p.61-71, 2012.

SILVA, R. R.; CARVALHO, G. G. P.; MAGALHÃES, A. F.; et al. Comportamento ingestivo de novilhas mestiças de holandês em pastejo. *Arch. Zootec.*, v.54, p.63-74. 2005.

SOUZA, A. S. *Partição energética e produção de metano em novilhas das raças Guzerá e Nelore submetidas a diferentes planos nutricionais*. Minas Gerais. 2016. 130f. Tese (Doutorado), Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

SUAREZ, S. L. B. *Fatores envolvidos no consumo de matéria seca*. Minas Gerais. 2014. 48f. Tese (Mestrado), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

THIAGO, L. R. L.; GILL, M.; SISSONS, J. W.; et al. Studies of conserving grass herbage and frequency of feeding in cattle. *Brit. J. Nutr.*, v.67 (3), p.339-336, 1992.

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

ZANINE, A. M.; VIEIRA, B. R.; FERREIRA, D. J.; et al. Comportamento ingestivo de bovinos de diferentes categorias em pastagem de capim coast-cross. *Biosci. J.*, Uberlândia, v. 23, n. 3, p. 111-119, 2007.



## ANEXOS

Protocolo de Aprovação do Comitê de Ética em Experimentação Animal da Universidade Federal de Minas Gerais (CETEA-UFMG)

**RECIBO**

(O N° do Protocolo é reservado ao CETEA) → PROTOCOLO N° **220/11**

---

(Preencha os itens abaixo, de acordo com a Identificação do Projeto)

Título do Projeto: Erro! Vínculo não válido. *Exigências nutricionais de energia de fêmeas da raça Gir, Buziana e Nelore utilizando-se a técnica respirométrica*

Responsável Principal: Erro! Vínculo não válido.


http://lattes.cnpq.br/ Erro! Vínculo não válido. *1636412579138806*

E-mail: Erro! Vínculo não válido. *malingar@ufmg.br*

Telefone: *51 34032176* FAX: *51 34032168*

Recebido em: *02 / 09 / 11*

(Rubrica do funcionário) *Francis*



Anova Taxa de Passagem Fase Restrita:

Obs	RACA	ANIMAL	ANOVA							
			A	K1	K2	TT	TRR	TRCC	TMR	TRT
1	1	1	17667.6	0.0384	0.0425	9.0818	26.0417	23.5294	49.5711	58.6529
2	1	2	1327.5	0.0212	0.0820	9.3783	47.1698	12.1951	59.3649	68.7432
3	1	3	1062.0	0.0148	0.0846	10.0915	67.5676	11.8203	79.3879	89.4794
4	1	4	1440.0	0.0207	0.0657	13.6765	48.3092	15.2207	63.5299	77.2064
5	1	5	965.9	0.0205	0.2427	10.3586	48.7805	4.1203	52.9008	63.2594
6	1	6	835.5	0.0145	0.2050	10.3002	68.9655	4.8780	73.8436	84.1438
7	2	7	7411.1	0.0407	0.0535	7.4189	24.5700	18.6916	43.2616	50.6805
8	2	9	1743.5	0.0252	0.0690	7.6860	39.6825	14.4928	54.1753	61.8613
9	2	10	1011.7	0.0159	0.1038	15.4896	62.8931	9.6339	72.5270	88.0166
10	2	11	980.8	0.0156	0.1700	10.6113	64.1026	5.8824	69.9849	80.5962
11	2	12	2052.1	0.0282	0.0793	10.8761	35.4610	12.6103	48.0713	58.9474

Anova Taxa de Passagem Fase *Ad libitum*:

ANOVA										
Obs	RACA	ANIMAL	A	K1	K2	TT	TRR	TRCC	TMR	TRT
1	1	1	574.8	0.0293	0.1383	7.0754	34.1297	7.2307	41.3604	48.4358
2	1	2	480.3	0.0245	0.1922	7.7644	40.8163	5.2029	46.0192	53.7836
3	1	3	1167.1	0.0366	0.0636	3.5689	27.3224	15.7233	43.0457	46.6146
4	1	4	458.7	0.0254	0.1929	7.7548	39.3701	5.1840	44.5541	52.3089
5	1	5	348.2	0.0214	0.1343	7.2556	46.7290	7.4460	54.1750	61.4306
6	1	6	539.6	0.0283	0.1406	6.7222	35.3357	7.1124	42.4481	49.1703
7	2	7	595.1	0.0286	0.1335	4.7283	34.9650	7.4906	42.4557	47.1840
8	2	8	441.8	0.0260	0.4113	10.4904	38.4615	2.4313	40.8929	51.3833
9	2	9	485.1	0.0242	0.2222	7.7486	41.3223	4.5005	45.8228	53.5714
10	2	10	470.6	0.0252	0.1799	7.8205	39.6825	5.5586	45.2412	53.0617
11	2	11	512.0	0.0258	0.1899	7.3586	38.7597	5.2659	44.0256	51.3842