

UFRRJ
INSTITUTO DE ZOOTECNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

DISSERTAÇÃO

**Inclusão de diferentes materiais genéticos de Cana-
de-açúcar (*Saccharum officinarum*) na alimentação
de equinos**

Vinicius Alves Cruz

2020



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE ZOOTECNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**INCLUSÃO DE DIFERENTES MATERIAIS
GENÉTICOS DE CANA-DE-AÇÚCAR (*Saccharum
officinarum*) NA ALIMENTAÇÃO DE EQUINOS**

VINICIUS ALVES CRUZ

Sob a Orientação do Professor
Vinicius Pimentel Silva

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre** no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Produção Animal.

Seropédica, RJ
Julho de 2020

**O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de
Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001**

Cruz, Vinicius Alves, 1993-

C955i Inclusão de diferentes materiais genéticos de Cana de-açúcar
(*Saccharum officinarum*) na alimentação de equinos / Vinicius
Alves Cruz. - Rio de Janeiro, 2020.
118 f.
Orientador: Vinicius Pimentel Silva.
Dissertação(Mestrado). -- Universidade Federal Rural do Rio de
Janeiro, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, 2020.

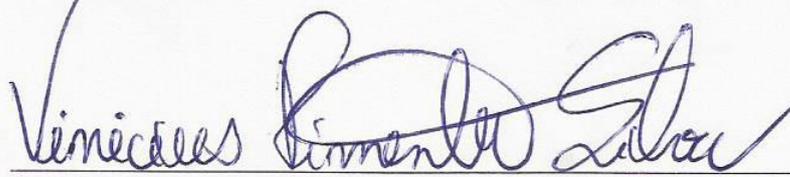
1. Cana-de-açúcar. 2. Equinos. 3. Características físico-
químicas das fezes. 4. Cólica. 5. Fermentação in vitro. I. Silva,
Vinicius Pimentel, 16/02/1981-, orient. II Universidade Federal
Rural do Rio de Janeiro. Programa de Pós-Graduação em
Zootecnia III. Título.

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE ZOOTECNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

VINICIUS ALVES CRUZ

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre** no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de Concentração em Produção Animal.

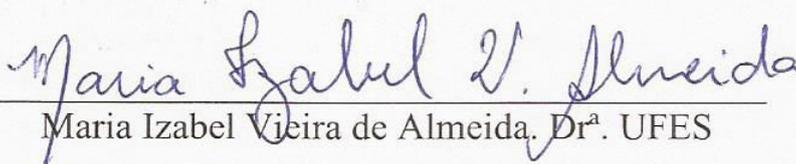
DISSERTAÇÃO APROVADA EM 20/07/2020



Vinicius Pimentel Silva. Dr. UFRRJ
(Presidente)



Pedro Antônio Muniz Malafaia. Dr. UFRRJ



Maria Izabel Vieira de Almeida. Dr^a. UFES

RESUMO GERAL

CRUZ, Vinicius Alves. **Inclusão de diferentes materiais genéticos de Cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) na alimentação de equinos.** 2020. 118 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) Instituto de Zootecnia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2020.

O objetivo desse estudo foi avaliar materiais genéticos de cana-de-açúcar como volumoso exclusivo na alimentação de equinos. O ensaio ocorreu nas instalações da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, *Campus* Seropédica. O projeto foi aprovado pela CEUA-IZ: 0052052019. Foram utilizados oito equinos machos castrados Mangalarga Marchador de 6,5 anos. Utilizou-se o delineamento em quadrado latino duplo simultâneo 4x4. Os tratamentos foram os materiais genéticos de cana-de-açúcar RB867515, RB058046, RB098022 e RB969017. Cada período experimental teria duração de 26 dias, totalizando 104 dias de experimento. Entretanto, ao final da adaptação do consumo de cana-de-açúcar como volumoso exclusivo quatro animais desenvolveram cólica. Dessa forma o estudo foi alterado. No primeiro capítulo, avaliaram-se as características físico-químicas das fezes e a sua aplicação na prevenção de casos de cólica. As avaliações foram realizadas em etapas: 1° - após adaptação ao capim elefante; 2° - após adaptação de 30% cana-de-açúcar; 3° - após adaptação de 60% cana-de-açúcar; 4° - após adaptação de 100% cana-de-açúcar. As seguintes variáveis foram avaliadas: comprimento, largura, altura, peso, volume, densidade, matéria seca, pH, estrutura e a coloração das fezes. Observou-se diminuição do pH e do tamanho de sítalas, além de aumento da MS em função do incremento da inclusão de cana-de-açúcar na dieta. As alterações foram devido ao maior teor de carboidratos não fibrosos e lignina em sua composição. Observou-se nos animais que apresentaram cólica o consumo acima de 1,41% PV de cana-de-açúcar como volumoso exclusivo. No segundo capítulo, avaliou-se por meio de técnica semiautomática *in vitro* de produção de gases o valor nutritivo dos materiais genéticos de cana-de-açúcar. Foram utilizados três animais como doadores de inóculo fecal. Utilizou-se delineamento em blocos casualizados com medidas repetidas no tempo em esquema de parcelas subdivididas. Os tratamentos foram os materiais genéticos de cana RB867515, RB058046, RB098022, RB969017, feno de capim coast-cross e capim elefante. As subparcelas foram os tempos de incubação de 24 e 48 horas. Avaliou-se a degradação da matéria seca (DMS), produção cumulativa de gases (PCG) e pH de 24 e 48 horas. A PCG foi ajustada a um modelo matemático bicompartimental com os seguintes parâmetros: volume máximo de gases da fração dos nutrientes solúveis (V_{f1}); Taxa de fermentação da fração dos nutrientes solúveis (C_1); *Lag phase* (L); Volume máximo de gases da fração dos nutrientes não solúveis (V_{f2}) e taxa de fermentação da fração de nutrientes não solúveis (C_2). Observou-se maiores valores de DMS, PCG para a cana-de-açúcar em comparação aos alimentos feno de capim coast-cross e capim elefante. Observou-se menores valores de pH para a cana-de-açúcar. Não foi observado diferença significativa entre os materiais genéticos de cana-de-açúcar para os parâmetros do modelo. Adicionalmente, a cana-de-açúcar apresentou valores superiores de v_{f1} e v_{f2} em comparação ao feno de capim coast-cross e capim elefante. De forma geral, a cana-de-açúcar é um alimento com alto teor carboidratos não fibrosos que por sua vez estimula o consumo de MS. Contudo os altos teores de lignina a tornam alimento contra indicado como volumoso exclusivo na dieta de equinos.

Palavras-chave: Carboidratos não fibrosos, Cólica, Fezes

ABSTRACT

CRUZ, Vinicius Alves. **Different genetic materials inclusion of Sugarcane (*Saccharum officinarum*) in horse feeding.** 2020. 118 p. Dissertation (Master's degree in Animal Science) Instituto de Zootecnia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2020.

The aim of this project was to evaluate genetic materials of sugar cane as only roughage source in horse nutrition. The trials were performed at Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), *Campus* Seropédica. Eight Mangalarga Marchador adult gelding horses with average age of 6,5 years were used. A 4x4 duplicate and simultaneous latin square analysis were used. The treatments were sugar cane genetic materials: RB867515, RB058046, RB098022 and RB969017. Each experimental period would have 26 days, totalizing 104 days of trial. However, at the end of the adaptation period of sugar cane intake as exclusive roughage four animals had colic. Thus, the study was changed. In the first chapter, the feces physicochemical characteristics and its application to prevent colic cases were evaluated. The evaluations were realized as follows: 1° - after elephant grass; adaptation; 2° - after 30% sugar cane consumption; 3° - after 60% sugar cane consumption; 4° - after of 100% sugar cane consumption. The following variables were evaluated: length, width, height, weight, volume, density, dry matter, pH, structure and color of the feces. Decrease in pH and fecal ball size, thus increase of DM due to enhance of sugar cane diet inclusion were observed. These alterations were due the high content of non-fibrous carbohydrates (NFC) and lignin in its composition. Intake over 1,41%BW of sugar cane as exclusive roughage were observed in animals that developed colic. The second chapter, the aim was to evaluate the sugar cane genetic materials nutritive value through a semiautomatic *in vitro* gas production technique. Three animals were used as fecal inoculum donors. A randomized block arrangement with repeated measures on split-plot design was used. The treatments were the genetic materials RB867515, RB058046, RB098022, RB969017, coast-cross hay and elephant grass. The subplot was the incubation time of 24 and 48 hours. The dry matter degradation (DMD), cumulative gas production (CGP) and pH in 24 and 48 hours were evaluated. The CGP was adjusted by a bicompartmental mathematic model with the following parameters: Maximum volume of gas production from soluble nutrients (Vf_1); fermentation rate of soluble nutrients (C_1); *Lag phase* (L); Maximum volume of gas production from non-soluble nutrients (Vf_2); fermentation rate of non-soluble nutrients (C_2). High values of DMD, CGP for sugar cane in comparison of the feed coast-cross hay and elephant grass were observed. Low values of sugar cane pH were observed. No significant differences in the sugar cane genetic materials of model parameters were observed. Moreover, sugar cane presented superior vf_1 and vf_2 values compared to coast-cross hay and elephant grass. In general, the sugar cane is a food with high concentration NFC which stimulate DM consumption. However, the high lignin content makes it contraindicate as exclusive roughage for horse diet.

Key words: Colic, Feces, Non-fibrous carbohydrates

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I

Tabela 1. Estudos relacionados ao fornecimento de cana-de-açúcar e seu manejo alimentar para equinos	8
Tabela 2. Composição química da cana-de-açúcar (g/kg de MS) oferecida aos equinos em diferentes estudos	11
Tabela 3. Estimativa do consumo calculado de sacarose em gramas por kg de peso vivo/animal/dia	12
Tabela 4. Índice de maturação (IM), teores de sólidos solúveis (°Brix) e pureza do caldo (Pol%) das materiais genéticos de cana-de-açúcar RB867515, RB058046, RB098022 e RB969017	15
Tabela 5. Composição bromatológica do Capim elefante (<i>Pennisetum purpureum</i> , Schum, var. Napier) e do concentrado farelado	16
Tabela 6. Composição bromatológica dos materiais genéticos de cana-de-açúcar RB867515, RB058046, RB098022, RB969017 sem a palhada	19
Tabela 7. Valor médio (n=8) das características físico-químicas das fezes com fornecimento de 100% capim elefante como volumoso	20
Tabela 8. Avaliação da estrutura e coloração das fezes após período de adaptação (13/08/2019) ao consumo de dieta volumosa de 100% capim elefante	21
Tabela 9. Valores médios e o desvio padrão das médias das características físico-químicas das fezes por material genético de cana-de-açúcar (n=2) com fornecimento de 30% cana-de-açúcar e 70% capim elefante como volumosos	22
Tabela 10. Avaliação da estrutura e coloração das fezes por material genético de cana (n=2) no sexto dia (18/08/2019) do consumo da dieta volumosa de 30% de cana-de-açúcar 70% de capim elefante	24
Tabela 11. Valores médios e o desvio padrão das médias das características físico-químicas das fezes por material genético de cana-de-açúcar (n=2) com fornecimento de 60% cana-de-açúcar e 40% capim elefante como volumosos	24
Tabela 12. Avaliação da estrutura e coloração das fezes por material genético de cana (n=2) após cinco dias (25/08/2019) do consumo da dieta volumosa de 60% de cana-de-açúcar 40% de capim elefante	25
Tabela 13. Valores médios e o desvio padrão das médias das características físico-químicas das fezes por material genético de cana-de-açúcar (n=2) com fornecimento de 100% cana-de-açúcar como volumoso	28
Tabela 14. Avaliação da estrutura e coloração das fezes por material genético de cana (n=2) após seis dias (01/09/2019) do consumo da dieta volumosa de 100% de cana-de-açúcar como volumoso	29
Tabela 15. Consumo médio de MS (%) dos materiais genéticos de cana-de-açúcar RB867515, RB058046, RB098022, RB969017 nas 4 diferentes fases de fornecimento em função do PV31	
Tabela 16. Consumo de sacarose por material genético de cana-de-açúcar em gramas por kg de peso vivo/animal/dia	32

CAPÍTULO II

Tabela 1. Aplicação de técnicas de fermentação <i>in vitro</i> e ajuste do modelo para avaliação do valor nutritivo da cana-de-açúcar em estudos para ruminantes	51
---	----

Tabela 2. Estudos relacionados a aplicação de técnicas de fermentação <i>in vitro</i> , fontes de inóculo, variáveis avaliadas e modelo matemático aplicado	54
Tabela 3. Composição bromatológica dos materiais genéticos de cana-de-açúcar RB867515, RB058046, RB098022 e RB969017, feno de coast-cross (FCC), capim elefante (CE) e concentrado farelado (CF)	55
Tabela 4. Degradação da matéria seca (mg/g MS) nos tempos de incubação de 24 e 48 horas dos materiais genéticos de cana-de-açúcar RB867515, RB058046, RB098022, RB969017 e do feno de coast-cross (FCC) e capim elefante (CE)	59
Tabela 5. Produção cumulativa de gases (mL/g MS) nos tempos de incubação de 24 e 48 horas dos materiais genéticos de cana-de-açúcar RB867515, RB058046, RB098022, RB969017 e, do feno de coast-cross (FCC) e capim elefante (CE)	61
Tabela 6. Valores de pH nos tempos de incubação de 24 e 48 horas dos materiais genéticos de cana-de-açúcar RB867515, RB058046, RB098022, RB969017 e, do feno de coast-cross (FCC) e capim elefante (CE)	63
Tabela 7. Parâmetros do modelo bicompartimental dos materiais genéticos de cana-de-açúcar RB867515, RB058046, RB098022, RB969017 e, do feno de coast-cross (FCC) e capim elefante (CE) a partir das repetições (n=4)	65

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I

- Figura 1.** Croqui da disposição das materiais genéticos de cana-de-açúcar no setor de equinocultura da UFRRJ. 14
- Figura 2.** Estrutura fecal e coloração das fezes de animais com dieta volumosa de 100% capim elefante. 21
- Figura 3.** Estrutura fecal e coloração das fezes de animais com dieta volumosa de 60% cana-de-açúcar e 40% capim elefante. 26
- Figura 4.** Estrutura fecal e coloração das fezes de animais com dieta volumosa composta por 100% cana-de-açúcar. 29
- Figura 5 e 6.** Animal com sinais clínicos de cólica; fecaloma com presença de muco. 33

CAPÍTULO II

- Figura 1.** Curvas de produção cumulativa de gases (mL/g MS) observados da variedade RB867515 (n=4) e a predita pelo modelo bicompartimental (SCHOFIELD et al., 1994). 68
- Figura 2.** Curvas de produção cumulativa de gases (mL/g MS) observados do clone RB058046 (n=4) e a predita pelo modelo bicompartimental (SCHOFIELD et al., 1994). 69
- Figura 3.** Curvas de produção cumulativa de gases (mL/g MS) observados do clone RB098022 (n=4) e a predita pelo modelo bicompartimental (SCHOFIELD et al., 1994). 69
- Figura 4.** Curvas de produção cumulativa de gases (mL/g MS) observados da variedade RB969017 (n=4) e a predita pelo modelo bicompartimental (SCHOFIELD et al., 1994). 70
- Figura 5.** Curvas de produção cumulativa de gases (mL/g MS) observados do Feno de Coast-cross (n=4) e a predita pelo modelo bicompartimental (SCHOFIELD et al., 1994). 70
- Figura 6.** Curvas de produção cumulativa de gases (mL/g MS) observados do Capim Elefante (n=4) e a predita pelo modelo bicompartimental (SCHOFIELD et al., 1994). 71

LISTA DE SIMBOLOS E ABREVIACÖES

AGV	ácidos graxos voláteis;
°Brix	grau brix;
CA	cana-de-açúcar;
CaO	óxido de cálcio;
C ₁	taxa de fermentação da fração dos nutrientes solúveis;
C ₂	taxa de fermentação da fração de nutrientes não solúveis;
CE	capim elefante;
Cel	celulose;
CNE	carboidratos não estruturais;
CNF	carboidratos não fibrosos;
CO ₂	dióxido de Carbono;
D	desidratada;
EB	energia bruta;
EE	extrato etéreo;
EPM	erro padrão da média;
DFDN	degradação da fibra em detergente neutro;
DMO	degradação da matéria orgânica;
DMS	degradação de matéria seca;
FDA	fibra insolúvel em detergente ácido;
FDN	fibra insolúvel em detergente neutro;
FDNc	fibra em detergente neutro corrigida para cinzas;
FF	fezes frescas;
FFD	fezes frescas diluídas;
FC	fezes congeladas;
FCC	feno de coast-cross;
g/kg	grama por quilograma;
g/ Kg MS	gramas por quilograma de matéria seca;
g/dia	gramas por dia;
Hem	hemiceluloses;
h ⁻¹	por hora;
IM	índice de maturação;
k	taxa (passagem ou fermentação);
Kg MS/dia	quilogramas de matéria seca por dia;
L	<i>Lag phase</i> ;
Lig	lignina;
LSD	Least Significant Difference;
mL/kg MS	mililitro por quilograma de matéria seca;
MM	matéria mineral;
MS	matéria seca;
N/I	não informado;
ns	Não significativo;
NRC	Nutrient Requirement Council;
Valor p	valor de significância;
Pi	picada;
PB	proteína bruta;
PCG	produção cumulativa de gases;
Pol%	teor de sacarose aparente;
Vf ₁	volume máximo de gases da fração dos nutrientes solúveis;
Vf ₂	volume máximo de gases da fração dos nutrientes não solúveis;
%	porcentagem;

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	1
CAPITULO I - AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DAS FEZES DE EQUINOS EM DIETA VOLUMOSA DE CANA-DE-AÇÚCAR E AS CONSEQUÊNCIAS DE SEU FORNECIMENTO	3
RESUMO	4
ABSTRACT	5
1 INTRODUÇÃO	6
2 REVISÃO DE LITERATURA	7
3 MATERIAL E MÉTODOS	13
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	19
5 CONCLUSÕES	38
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	39
CAPÍTULO II - AVALIAÇÃO <i>IN VITRO</i> DO POTENCIAL NUTRICIONAL DE MATERIAIS GENÉTICOS DE CANA-DE-AÇÚCAR PARA ALIMENTAÇÃO DE EQUINOS	44
RESUMO	45
ABSTRACT	46
1 INTRODUÇÃO	47
2 REVISÃO DE LITERATURA	48
2.1 Técnica <i>in vitro</i> de produção de gases	48
2.2 Modelagem matemática aplicada à ensaios <i>in vitro</i>	52
3 MATERIAL E MÉTODOS	55
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	59
5 CONCLUSÕES	73
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	74
CONCLUSÕES GERAIS	79
APÊNDICE	80

INTRODUÇÃO GERAL

No Brasil, o fornecimento do volumoso através das pastagens na alimentação de equinos consiste na prática mais econômica, permitindo a expressão do comportamento de seletividade desses animais. Contudo, a garantia da qualidade da forragem a ser ofertada durante o ano é considerada um grande gargalo para nutrição de animais herbívoros nas condições tropicais.

Os efeitos da estacionalidade ocasiona diminuição da qualidade nutricional da forragem, além de produção insuficiente. Cerca de 80% da matéria seca das pastagens está disponível durante o período chuvoso do ano (outubro a março), tornando a estação seca do ano, entre abril a setembro, um período crítico para a produção de recursos forrageiros para alimentação dos animais no Sudeste.

Com isso, é necessário buscar alternativas de suplementação que sejam economicamente viáveis e seguras para o consumo animal como por exemplo outros tipos de gramíneas como fonte de volumoso.

A cana-de-açúcar é uma forrageira que apresenta elevada produtividade de massa por área, o que representa a principal vantagem de sua utilização, além de ser um volumoso com boa disponibilidade de energia, devido às altas concentrações de sacarose no período seco do ano. No entanto, possui baixos teores de proteína e de minerais (principalmente fósforo e selênio) em sua composição, além de fibra de baixa digestibilidade. Sendo preconizado suplementação com concentrados.

Muito embora alguns estudos tenham avaliado a cana como volumoso na dieta de equinos (MACHADO, 1992; GARCIA, 1997; PEREIRA & QUEIROZ, 1997; FIGUEIREDO et al., 1999; ARAÚJO, 2003; PEREIRA, 2014), a sua aplicação como volumoso exclusivo é escassa. Faltam informações práticas de manejo e digestibilidade dos nutrientes, uma vez que existe dificuldade da avaliação da cana como volumoso por meio de estudos *in vivo* incluindo ensaios de desempenho animal.

Devido à baixa qualidade da fibra e altos teores de açúcares solúveis, o consumo excessivo pode levar ao aparecimento de distúrbios gastrointestinais. Com isso, buscou-se no primeiro capítulo avaliar se as características físico-químicas das fezes de animais alimentados com cana-de-açúcar podem ser utilizadas para monitorar o aparecimento de distúrbios gastrointestinais, além de avaliar as possíveis consequências do oferecimento de cana-de-açúcar como volumoso na dieta.

O segundo capítulo avaliou o valor nutritivo e a degradação dos nutrientes de quatro materiais genéticos de cana-de-açúcar, do feno de capim coast-cross e do capim elefante através da utilização de técnicas *in vitro*.

CAPÍTULO I

AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DAS FEZES DE EQUINOS EM DIETA VOLUMOSA DE CANA-DE-AÇÚCAR E AS CONSEQUÊNCIAS DE SEU FORNECIMENTO

RESUMO

Avaliação das características físico-químicas das fezes de equinos em dieta volumosa de cana-de-açúcar e as consequências de seu fornecimento.

A composição química dos alimentos exerce influência na estrutura e coloração das fezes de equinos. O objetivo desse estudo foi avaliar as características físico-químicas das fezes de animais consumindo diferentes materiais genéticos de cana-de-açúcar (CA). O projeto foi aprovado pela CEUA-IZ: 0052052019. Utilizaram-se oito machos castrados adultos da raça Mangalarga Marchador em manutenção, com idade média de 6,5 anos e PV médio de 385 Kg. Os tratamentos consistiram no fornecimento dos materiais genéticos de CA: RB867515, RB058046, RB098022, RB969017 em quatro períodos, totalizando 23 dias. A CA foi colhida quando apresentava ponto ideal para o corte. As plantas foram colhidas uma vez ao dia, sendo removida toda a palhada e cortada em quantidade suficiente para consumo em 24 h. A substituição da dieta volumosa composta por capim elefante (CE) pela CA ocorreu em quatro etapas: 1º - 30% CA e 70% CE (7 dias); 2º - 60% CA e 40% CE (5 dias); 3º - 100% CA com consumo de 1,5% PV (7 dias); 4º - 100% CA com consumo de 1,75% PV (5 dias). Todos os alimentos e suas sobras foram pesados para ajustes do consumo. Os animais permaneceram em baias durante o período experimental e foram movimentados 2x/dia em caminhador automático. Complementou-se a dieta com concentrado farelado e sal mineral a fim de suprir os nutrientes deficientes. As avaliações físico-químicas das fezes foram realizadas em quatro momentos, logo após o término da adaptação acima descritas. Adotaram-se os seguintes procedimentos: foram colhidas amostras fecais de três defecações distintas para a obtenção do valor médio/animal. Após coleta, foram avaliados: comprimento, largura, altura, peso, volume, densidade, matéria seca, estrutura e a coloração. Foram efetuadas imagens de alta resolução, padronizadas em mini estúdio fotográfico. Os dados observados foram avaliados por meio de análise descritiva baseado em valores médios e desvios padrões pelo programa Excel 2016. O pH fecal de 7,6 para dieta de CE foi superior ao valor médio de pH para dieta de CA de 6,63. Além disso, observou-se diferença entre o teor de MS fecal de 20,27% da dieta de CE para dieta CA com teor médio de 16,67 % com o aumento da inclusão da cana-de-açúcar, além de visível queda na qualidade das sÍbalas devido ao alto teor de lignina da CA. A lignina diminui a capacidade de adsorção de água pela fibra, resultando na produção de sÍbalas de menor tamanho e de aspecto ressequido. Observou-se alteração na coloração, passando de verde para verde claro com o aumento da inclusão de CA. Quanto ao consumo de MS na dieta de CA, foi observado valores de consumo de 2,13; 1,41; 1,42 e 1,71%PV para os materiais genéticos RB867515, RB058046, RB098022 e RB969017, respectivamente. Quatro animais apresentaram cólica, dois da RB867515, um da RB058046 e outro da RB969017. Conclui-se que apenas as características físico-química das fezes não são suficientes para auxiliar na prevenção de cólica. Além disso, o fornecimento de CA como volumoso exclusivo é contraindicado em dieta de equinos.

Palavras chave: Cólica, Lignina, SÍbala

ABSTRACT

Evaluation of physicochemical characteristics in feces of equines on a sugar cane roughage diet and its possible offering consequences.

The chemical composition of feed has influence on the structure and coloration of equines feces. The aim of this study was to evaluate the physicochemical characteristics in feces of equines on a sugar cane (SC) genetic materials intake. The project was approved by CEUA-IZ: 0052052019. Eight Mangalarga Marchador adult gelding horses in maintenance with average age of 6,5 years and average BW of 385 Kg were used. The treatment consisted in the offering of the SC genetic materials: RB867515, RB058046, RB098022, RB969017 in four periods, totaling 23 days. The SC was harvested when presented its ideal harvest moment. The plants were harvested once a day, removing all straw, and chopped in enough quantity for consumption in 24 hours. The substitution of roughage diet composed by elephant grass (CE) for SC happened in four steps: 1° - 30% SC 70% EG (7 days); 2° - 60% SC 40% EG (5 days); 3° - 100% SC, 1,5% BW consumption (7 days); 4° - 100% SC, 1,75% BW consumption (5 days). The feed and leftovers were weighted to adjust the intake. The animals kept in stable during the experimental period and walked 2x/day in automatic walker. The diet was complemented with concentrate and mineral salt in order to supplement the deficient nutrients. The evaluation of the physicochemical characteristics of feces was realized in four moments, right after the end of the adaptation described above. The following procedures were adopted: samples of three distinct defecations were collected to obtain the average value for each animal. After that, were evaluated: length, width, height, weight, volume, density, dry matter, pH, fecal structure and color. High resolution pictures in a standard mini photographic studio were taken. The observed data were evaluated due descriptive analysis and its mean value and standard deviation through Excel 2016 program. The fecal pH of 7,6 for EG diet was superior than the mean pH value for SC diet of 6,63. In addition, were observed difference between the fecal DM of 20,27% on EG diet to the SC diet with mean value of 16,67% due to the increase of SC inclusion, and visible drop in the fecal ball quality due the high lignin content of the SC. The lignin decreases the water adsorption capacity of the fiber, influencing in production of small size fecal balls and with dried aspect. In relation to the DM consumption on the SC diet, were observed consumption of 2,13; 1,41; 1,42 and 1,71%BW for the genetic materials RB867515, RB058046, RB098022 e RB969017, respectfully. Four animals presented colic, two on the RB867515, one on the RB058046 and other on the RB969017. Were concluded that the physicochemical characteristics of feces by itself are not enough to aid in the colic prevention. Moreover, the SC offering as exclusive roughage is contraindicated in horses' diet.

Key words: Colic, Fecal balls, Lignin

1 INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) é uma gramínea de grande importância para o agronegócio brasileiro. Alimento comumente utilizado como volumoso na dieta de ruminantes. Contudo, o fornecimento desse alimento para equinos tem se tornado uma prática usual. A cana-de-açúcar é caracterizada por ser um alimento com alto teor de carboidratos solúveis, principalmente sacarose, FDN e FDA em sua composição.

Programas de melhoramento genético de cana-de-açúcar vem buscando alterar sua composição para melhor suprir as exigências nutricionais para a nutrição animal. Entretanto, se faz necessário acompanhamento do consumo de alimentos dessa natureza para equinos pois a falta de recomendação técnica do correto fornecimento pode levar a sérios distúrbios gastrointestinais devido principalmente à baixa qualidade da fibra.

Desta forma, a avaliação das características físico-químicas das fezes podem ser uma alternativa interessante para avaliar a saúde intestinal de animais submetidos a alimentação com alimentos não usuais na alimentação equina.

A cólica é conhecida como uma das síndromes mais recorrentes em equinos, tendo em vista que sua causa é multifatorial, podendo ser causada pelo manejo alimentar, incluindo tipo, quantidade e qualidade dos alimentos, mudanças na dieta, etc., por fatores intrínsecos ao animal, como idade e raça, além das condições de criação, como a distribuição do tempo de confinamento e tempo em pastejo, a intensidade e tipos de exercícios, entre outros. Dessa forma, o adequado controle do consumo da dieta, além da observação das características físico-químicas das fezes, pode auxiliar na prevenção do aparecimento de cólicas em equinos.

Objetivou-se avaliar se dentre os materiais genéticos de cana-de-açúcar, existe algum que possa ser ofertada de forma segura na alimentação de equinos. Bem como a eficiência dos aspectos físico-químicos fecais como forma de prevenção de distúrbios gastrointestinais.

2 REVISÃO DE LITERATURA

A cana-de-açúcar é uma das principais culturas agrícolas do Brasil. É caracterizada por ser um volumoso com elevada produção por hectare e por apresentar baixo custo de implantação por tonelada de matéria seca. Apresentou produção de 642.717 milhões de toneladas na safra 2019/2020 e estimativa de produção para safra 2020/2021 de 630.710 milhões de toneladas. (CONAB, 2020).

A cana-de-açúcar é uma gramínea amplamente cultivada em todo o território brasileiro e é utilizada na fabricação de açúcar e álcool, além de ser usada na alimentação animal como forrageira de corte ou na forma de silagem, principalmente na alimentação de animais ruminantes. Como volumoso, a cana-de-açúcar tem como principais vantagens o fácil cultivo e os altos teores de açúcares solúveis na base da matéria seca que podem chegar a cerca de 50% (RODRIGUES & ESTEVES, 1992).

Quanto ao valor nutritivo, ao contrário das demais forrageiras tropicais, a cana-de-açúcar apresenta melhoria da digestibilidade da matéria seca diretamente proporcional ao avanço da sua idade fisiológica, além da redução da espessura da parede celular (BALSALOBRE et al., 1999). Esta particularidade da cana-de-açúcar a torna interessante como recurso forrageiro estratégico em períodos de seca, caracterizado pelo baixo valor nutricional das forragens (MAGALHÃES et al., 2006).

Em relação à concentração de sacarose, tal característica favorece a aceitabilidade da cana-de-açúcar quando ofertada para equinos, que apresentam preferência por sabores adocicados (RALSTON, 1984). Além disso, a cana-de-açúcar apresenta baixo teor de proteína bruta e minerais (fósforo e selênio) na sua composição, além de possuir elevado teor de frações fibrosas (RODRIGUES & ESTEVES, 1992), sendo necessária a complementação da dieta, principalmente quanto ao teor proteico (MACHADO, 1992).

Alguns estudos avaliaram diferentes estratégias de fornecimento de cana-de-açúcar como volumoso para equinos (MACHADO, 1992; GARCIA et al., 1997; PEREIRA & QUEIROZ, 1997; FIGUEIREDO et al., 1999; ARAÚJO et al., 2003 e PEREIRA, 2014) (Tabela 1).

Tabela 1. Estudos relacionados ao fornecimento de cana-de-açúcar e seu manejo alimentar para equinos

Autores	Fornecimento	Variedade	Refeição	Volumoso	Categoria	Idade
Machado (1992)	Pi+D	N/I	2 x/dia	CA+CE	Potro	1,5 – 2,0
Garcia et al. (1997)	Pi 1h antes	N/I	2 x/dia	CA+CE	Potro	1,3 – 1,8
Pereira & Queiroz (1997)	Pi+D	N/I	2 x/dia	CA+CE	Potro	1,0 - 1,5
Figueiredo et al. (1999)	Pi	N/I	2 x/dia	CA	Castrado	6,0
Araújo et al. (2003)	Pi	N/I	2 x/dia	CA	Castrado	6,0
Pereira (2014)	Pi+CaO	N/I	2 x/dia	CA	Castrado	6,0 – 13

Pi= picada; D= desidratada; CaO= óxido de cálcio; N/I = não informado; CA= cana-de-açúcar; CE= capim elefante

Dos anos 1992 até 2014, os estudos avaliaram em diversos aspectos a forma de fornecimento da cana, com o objetivo de melhorar o manejo alimentar dessa fonte, Machado (1992) e Pereira & Queiroz (1997) forneceram cana picada e desidratada aos animais, visando evitar fermentação indesejável do material. Garcia (1997) triturou a cana uma hora antes do fornecimento, garantindo assim a qualidade do volumoso. Pereira (2014) por sua vez, ofereceu aos animais a cana em partículas de 1 a 2 cm, além de realizar a hidrólise do material com CaO, a fim de aumentar o tempo de armazenamento e diminuir gastos com mão de obra.

Apesar das diferentes formas de fornecimento, não houve alteração do número de refeições diárias. A inclusão de capim elefante como alimento volumoso junto a cana-de-açúcar foi observada no estudo de alguns autores (MACHADO, 1992; GARCIA, 1997; PEREIRA & QUEIROZ, 1997).

Apesar do capim elefante ser um alimento com fibra de baixa digestibilidade é comumente utilizado na alimentação de equinos, principalmente em época de escassez de foragem (MACHADO, 1992) e, portanto, associaram os manejos destas gramíneas devido ao semelhante potencial de uso. Almeida et al. (1999) analisaram o valor nutritivo e a digestibilidade dos nutrientes de alimentos comumente utilizados na alimentação de equinos: capim elefante, feno de alfafa e feno de coast-cross. Os valores de proteína bruta, energia digestível e a relação PB/ED do capim elefante foram de 35,3 g/kg de MS, 1,78 Mcal/kg MS e 19,83 g PB/Mcal ED, respectivamente. Concluíram que dieta composta exclusivamente por capim elefante não é adequada, por não suprir as exigências em proteína e energia dos equinos.

O intervalo da relação de PB/ED é de 35,64 – 39,66 g PB/ Mcal ED, essa relação indica os teores mínimos exigidos por determinada categoria animal de proteína bruta e energia digestível (NRC, 2007).

Nos estudos em que a cana-de-açúcar foi oferecida a equinos como fonte exclusiva de volumoso (FIGUEIREDO et al., 1999; ARAÚJO et al., 2003; PEREIRA, 2014), a dieta foi suplementada com concentrado para manter o equilíbrio entre Ca:P e PB:ED, para atender às

recomendações do NRC (2007). Apesar do fornecimento da cana-de-açúcar como volumoso exclusivo ou como parte da dieta, não ficaram claras as recomendações práticas do consumo de cana-de-açúcar em kg de MS/kg de PV/dia na literatura.

Machado (1992) avaliou diferentes combinações de cana-de-açúcar e capim elefante na alimentação de equinos por um período de 49 dias. A dieta volumosa foi composta por teores crescentes de inclusão de cana-de-açúcar em substituição ao capim elefante: 0, 15, 30 e 45%. O consumo de MS da cana com 15, 30 e 45% de inclusão foi de 0,35%; 0,72% e 1,04% do PV. Não foram observados problemas metabólicos nos animais, além de apresentarem melhoria da digestibilidade da fração fibra e da proteína bruta da dieta.

Garcia et al. (1997) utilizaram diferentes combinações de cana-de-açúcar e capim elefante para observar os efeitos sobre o crescimento em equinos no período de 126 dias. O consumo máximo de matéria seca de cana-de-açúcar com 50% de inclusão como volumoso na dieta foi de 1,42% PV, não foi informado no trabalho qualquer aparecimento de problemas gastrointestinais, apesar dos autores terem demonstrado preocupação com possíveis casos de cólica e timpanismo. Observaram que o consumo de proteína bruta não atendeu as exigências nutricionais. Apesar de não ter observado alterações no desempenho de crescimento dos potros, ficou claro a contraindicação do seu uso para categorias de maior exigência nutricional.

Figueiredo et al. (1999) observaram ineficiência da utilização de ureia (nitrogênio não proteico) associada à cana-de-açúcar com o intuito de melhorar a digestibilidade aparente dos nutrientes. Segundo os autores, a amônia foi absorvida no intestino delgado, sendo, a maior parte eliminada via urina, portanto, não atinge eficientemente a câmara fermentativa. Em ensaio utilizando cana-de-açúcar como alimento exclusivo, observou baixo consumo voluntário de 0,89% PV. Adicionalmente, os autores efetuaram ensaio de coleta total em gaiolas metabólicas e estimaram pela primeira vez o valor de energia digestível aparente de 2,36 Mcal/kg de MS. Em seu estudo, não descreveram o aparecimento de nenhum tipo de distúrbio gastrointestinal.

A suplementação com fonte de nitrogênio não proteico, não gera benefício no aumento de substrato nitrogenado para os microrganismos fibrolíticos do intestino grosso (NRC, 2007). Apesar da prática da utilização de ureia ser frequente na alimentação de ruminantes, esse manejo não é eficiente na alimentação de equinos por não trazer benefícios nutricionais, uma vez que a amônia é excretada do organismo via ciclo da ureia, antes mesmo de se encaminhar para a câmara fermentativa (FIGUEIREDO et al., 1999; NRC, 2007).

Observou-se em revisão de literatura que potros com menos de um ano de idade nunca foram avaliados quanto ao fornecimento de cana em condições experimentais nacionais, sendo

preferencialmente usados animais adultos em manutenção (PEREIRA & QUEIROZ, 1997; PEREIRA, 2014).

Segundo Paradis (2012) as enzimas maltase e sacarase apresentam baixas concentrações no intestino delgado nos primeiros 7 meses de vida dos potros, correspondendo a cerca de 15% dos níveis de produção dessas enzimas em animais adultos. Este fator justifica a não utilização de cana-de-açúcar para potros, pois a ausência da enzima sacarase pode levar os animais a apresentarem casos de diarreia (REZENDE & PEREIRA, 2012). Há também contraindicações do fornecimento desse volumoso em locais onde há éguas lactantes, pois, até o desmame, os potros acompanham as éguas e acabam consumindo um pouco da alimentação da mãe, devido ao comportamento de mimetismo (BOURJADE et al., 2009). Logo, a cana-de-açúcar é um volumoso que não pode ser fornecido para todas as categorias equinas.

Araújo et al. (2003) observaram em seu ensaio o consumo de 0,85% PV e energia digestível de 2,27 Mcal/kg de MS para equinos alimentados somente com cana-de-açúcar como volumoso. Entretanto, como seu estudo tinha o objetivo de avaliar diferentes períodos de coleta total de fezes na determinação da digestibilidade aparente dos nutrientes em equinos, nada foi informado em relação ao consumo seguro de matéria seca de cana-de-açúcar.

Pereira (2014) avaliou o efeito da hidrólise alcalina da fibra da cana-de-açúcar com adição de CaO. Em seus estudos, observaram consumos de matéria seca variando de 1,69 a 2,67 kg de MS / 100 kg de PV. Entretanto, observou-se apenas a descrição do consumo estimado de forma indireta através do indicador LIPE. Também não foi observado o aparecimento ou indicação de qualquer distúrbio gastrointestinal nos animais experimentais apesar do elevado consumo de MS quando comparado com os demais autores (MACHADO, 1992; GARCIA, 1997; PEREIRA & QUEIROZ, 1997; FIGUEIREDO, et al., 1999; ARAUJO, 2003).

A composição bromatológica da cana-de-açúcar varia de acordo com seu estado de maturação, idade de plantio e condições climáticas. Pode-se observar na tabela 2 diferentes composições químicas.

Tabela 2. Composição química da cana-de-açúcar (g/kg de MS) oferecida aos equinos em diferentes estudos

Autores	MS	PB	FDN	FDA	MM	EE	ED (Mcal/kg)
Machado (1992)	906 ¹	20	665	552	-	-	2,12*
Garcia et al. (1997)	245	19	657	326	27	-	2,68*
Pereira & Queiroz (1997)	-	20	665	552	-	-	2,12*
Figueiredo et al. (1999)	224	42	617	-	-	-	2,36
Araújo et al. (2003)	219	48	616	-	-	-	2,27
Pereira (2014)	266	21	664	389	32	96	1,97*
CQBAL 4.0	288	28	536	333	31	15	-

¹Cana-de-açúcar desidratada;*ED: Energia digestível (Mcal/kg de MS) = (2118 + 12,18 x %PB – 9,37 x %FDA – 3,83 x %HEM + 47,18 * %EE + 20,35 x %CNF – 26,3 x %MM) /100 (PAGAN, 1998); CQBAL 4.0: Tabelas brasileiras de composição de alimentos para alimentação de ruminantes.

Observa-se entre os resultados descritos pelos autores a existência de variação na composição bromatológica, sugerindo que a cana possa ter sido ofertada aos animais fora do período mais adequado de corte, isto é, quando atinge valores de Grau brix mínimo de 18° (BRIEGER, 1968). De todos os estudos, Garcia (1997) e Pereira (2014) informaram a idade de corte dos materiais genéticos, sendo elas de 20 meses e 9 meses de idade, respectivamente.

Adicionalmente, pode haver variedades de cana que apresentem características de desenvolvimento e valor nutricional mais adequados para o fornecimento a espécie equina. Uma vez que em nenhum dos estudos com alimentação de equinos a variedade da planta havia sido mencionada. A associação da genética da planta mais adequada para o cultivo em regiões da baixada fluminense aliada ao manejo alimentar dos equinos, podem tornar o fornecimento desse volumoso mais seguro.

Contudo, o consumo excessivo de carboidratos solúveis pode predispor os equinos a distúrbios intestinais e metabólicos como respostas glicêmicas/insulinêmicas, obesidade, laminite e cólica (CLARKE et al., 1990; HOFFMAN et al., 2001; LONGLAND, 2006). Dessa forma, é fundamental quantificar o consumo de sacarose por dia. Na literatura, nenhum dos autores descreveram a estimativa do consumo de sacarose/kg de PV/dia, a fim de realizarem inferências sobre potenciais riscos de doenças metabólicas. A estimativa do consumo de sacarose (g/kg de PV/ dia) pode ser observada na tabela 3, uma vez que a referida informação não foi claramente evidenciada nos estudos já realizados.

Tabela 3. Estimativa do consumo calculado de sacarose em gramas por kg de peso vivo/animal/dia

Autores	Consumo de cana (Kg MS/dia)	CNE ¹ (g/Kg MS)	Consumo sacarose/dia (g/dia)	PV (Kg)	Consumo de Sacarose (g/Kg PV/dia)
Machado (1992)	1,6	269	430,4	150	2,87
Garcia (1997)	3,8	282	1071,6	268	3,99
Pereira & Queiroz (1997)	1,6	269	430,4	150	2,87
Figueiredo et al. (1999)	2,9	295	885,5	330	2,59
Araújo et al. (2003)	2,6	290	754	308	2,45
Pereira (2014)	6,2	187	1159,4	390	2,97

¹Carboidratos não estruturais (CNE) = 100 – (PB + EE + MM + FDN) - valor considerado como estimativa do teor de sacarose.

O consumo de sacarose variou de 2,45 à 3,99 g/kg PV, entretanto, diferentemente do amido onde o consumo limite máximo já foi descrito de 3,5 a 4,0 g de amido/ Kg PV/ refeição (POTTER et al., 1992), não se sabe qual seria o limite para o fornecimento de alimentos com alto teores de carboidratos solúveis como a cana-de-açúcar.

A sacarose é um dissacarídeo que compõe a cana-de-açúcar e a polpa de beterraba açucareira. O produto do processo digestivo gera os monossacarídeos glicose e frutose que são utilizados como fonte energética prontamente disponível (PAGAN, 1999).

Contudo, a concentração de sacarose da cana-de-açúcar e, conseqüentemente, seu consumo diário deve ser acompanhado. O excesso de açúcar consumido pelo animal pode gerar distúrbios metabólicos como a síndrome metabólica equina (JOHNSON et al., 2010).

Logo, se faz necessário elucidar se o fornecimento de cana-de-açúcar como volumoso exclusivo pode ocasionar distúrbios gastrointestinal além de fornecer informações sobre o uso adequado desse alimento na dieta de equinos.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Local: O ensaio foi realizado no setor de garanhões do Biotério de Equinos da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – UFRRJ, Seropédica, Rio de Janeiro, Brasil. Este trabalho foi aprovado pelo o Comitê de Ética para Experimentação Animal/Zootecnia – CEUA da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro com o número: 0052052019.

Área experimental e delineamento experimental: As mudas de cana-de-açúcar foram pré-selecionadas a campo e plantadas no dia 08/10/2018. Foram utilizados 4 materiais genéticos de cana-de-açúcar, sendo duas (2) variedades tradicionais e dois (2) clones em desenvolvimento pelo Programa de Melhoramento Genético da Cana-de-açúcar da UFRRJ – *Campus* Campos dos Goytacazes.

Variedade RB867515: principal variedade de cana-de-açúcar plantada atualmente no Brasil, que apresenta maturação média/tardia e rápida velocidade de crescimento, porte alto, hábito de crescimento ereto, alta densidade de colmo, além de alta produtividade agrícola e boa brotação na cana-planta e na soca, perfilhamento médio e bom fechamento de entrelinhas (FERNANDES et al., 2003a).

Variedade RB969017: variedade lançada pelo PMGCA-UFRRJ, possui maturação média, alta produtividade agrícola com rápida brotação, sendo recomendada para plantio em ambientes de baixo a médio potencial produtivo (DAROS et al., 2015).

Clone RB058046: clone promissor, em desenvolvimento pelo PMGCA-UFRRJ, que possui maturação média, alta produtividade, bom perfilhamento, e que também tem se destacado nos experimentos em áreas com déficit hídrico. Além disso, também tem sido indicado para utilização na alimentação animal.

Clone RB098022: clone promissor, em desenvolvimento pelo PMGCA-UFRRJ, que possui maturação média, alta produtividade, bom perfilhamento, e tem se destacado nos experimentos em áreas com déficit hídrico. Além disso, também tem sido indicado para utilização na alimentação animal.

As parcelas experimentais foram constituídas por doze (12) linhas com 7 m de comprimento cada e 1,20 m de espaçamento entre linhas, resultando em área de 92,4 m² por parcela, com área útil de 33,6 m² por parcela. Assim, a área total das parcelas foi de 2587,2 m², que somadas às áreas de ruas centrais e laterais, resultou no total de 0,3 ha de área experimental (Figura 1).

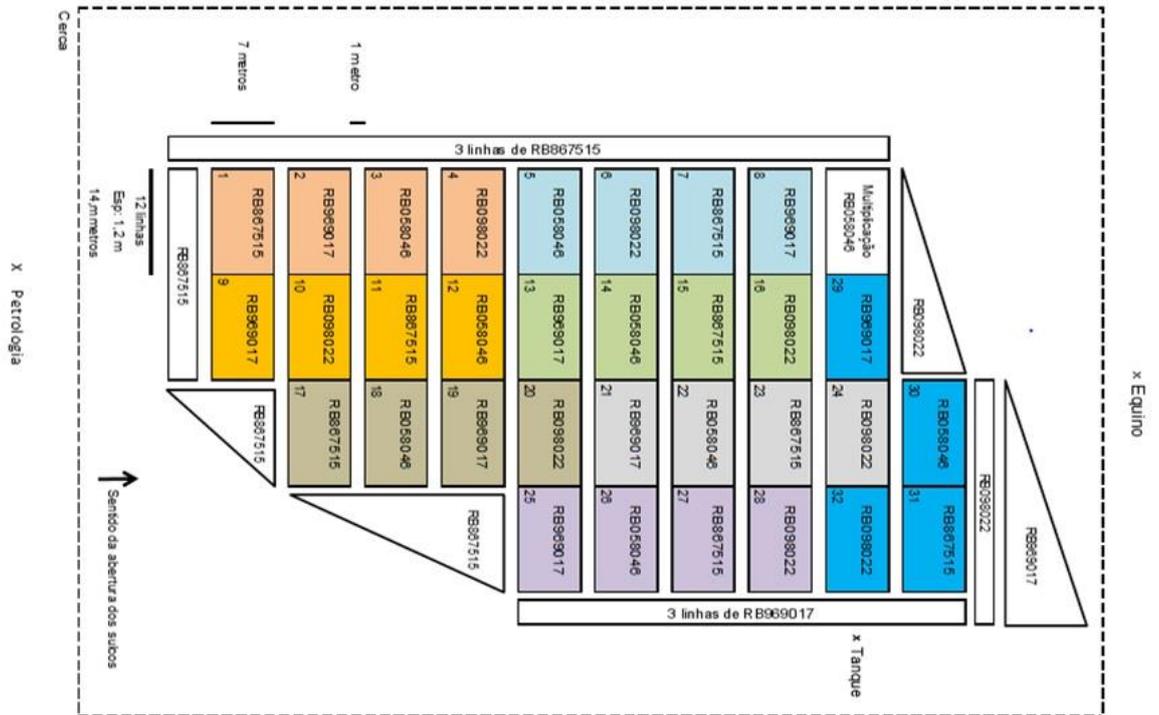


Figura 1. Croqui da disposição dos materiais genéticos de cana-de-açúcar no setor de equinocultura da UFRRJ.

Maturação da cana-de-açúcar: Durante a fase de crescimento, os materiais genéticos de cana-de-açúcar foram avaliados quanto ao índice de maturação (IM), que foi utilizado como critério de corte (colheita) para definição do momento de melhor valor nutricional. Para tanto, os valores provenientes da leitura de refratômetro portátil do caldo do ápice foram divididos por aqueles da base (terceiro internódio a partir do solo) das canas (STUPIELLO, 1987). Os valores observados por meio do IM podem ser definidos da seguinte maneira: IM – menor que 0,60 – cana verde; IM – entre 0,60 e 0,70 – maturidade baixa; IM – entre 0,70 e 0,84 – maturidade média; IM – maior que 0,85 – cana madura; IM – maior que 1,00 – declínio da maturação. Além da avaliação do IM (27/08/2019) também foi avaliado em colheita (13/09/2019) os teores de sólidos solúveis totais (°Brix) que expressa a porcentagem de (peso/peso) dos sólidos solúveis contidos em uma solução pura de sacarose e o teor de sacarose aparente (Pol%) que representa a porcentagem aparente de sacarose contida em uma solução de açúcares (RIPOLI & RIPOLI, 2009) (Tabela 4).

Tabela 4. Índice de maturação (IM), teores de sólidos solúveis (°Brix) e pureza do caldo (Pol%) dos materiais genéticos de cana-de-açúcar RB867515, RB058046, RB098022 e RB969017

Data	Variáveis	Materiais genéticos			
		RB8675415	RB058046	RB098022	RB969017
27/08/2019	IM	0,91	0,99	0,96	1,00
13/09/2019	°Brix	20,7	21,4	21	20,8
13/09/2019	Pol%	14	14,5	14,4	14,4

Valores médios e descritivos (dados ainda não publicados) das avaliações de projeto de pesquisa desenvolvido pela Zootecnia da UFRRJ orientado pelo Prof. Carlos Augusto Brandão.

Delineamento estatístico e período experimental: Foi utilizado o delineamento em quadrado latino 4x4 duplicado simultâneo. Foram utilizados 4 materiais genéticos de cana-de-açúcar como tratamento. Cada período experimental com duração prevista de 26 dias, totalizando 104 dias de experimento.

Animais e período de adaptação: Foram utilizados oito equinos castrados com idade de 6 a 7 anos da raça Mangalarga Marchador, com peso corporal médio de 385 Kg. Os animais foram removidos do pasto no dia 07/07/19, vermifugados com ivermectina (EQVALAN GOLDEN®, Merial) e aplicou-se ectoparasita fipronil (SUPERHION®, Ourofino Saúde Animal). Os animais foram manejados diariamente (rasqueados, escovados, limpeza dos cascos). Previamente ao início do ensaio os animais foram mantidos pelo período da manhã em baias individuais de alvenaria, providas de comedouro e bebedouro. Os animais foram alimentados com 6 Kg de MS/dia de capim elefante picado, mais 1,78 Kg de MS de concentrado farelado totalizando consumo de 1,94% PV. Pela noite os animais foram soltos em piquete, este manejo foi mantido por 14 dias. A partir do dia 21/07/19 os animais passaram a ficar nas baias individuais de alvenaria de forma permanente, sendo exercitados duas vezes ao dia por 30 minutos em caminhador automático CIRCLE-MANÈGE AT (AT18, SAHINCO®), este manejo foi mantido por 23 dias.

Manejo Alimentar: Após a primeira etapa de adaptação dos animais ao consumo do volumoso capim elefante picado, concentrado farelado e a permanência nas baias, introduziu-se de forma progressiva a dieta volumosa contendo cana-de-açúcar (CA) em substituição ao capim elefante (CE) em 4 diferentes fases: 1ª fase (13/08/19 à 20/08/19) - 30% cana-de-açúcar e 70% Capim elefante (7 dias); 2ª fase (21/08/19 à 26/08/19) - 60% cana-de-açúcar e 40% capim elefante (5 dias); 3ª fase (27/08/19 à 02/09/19) - 100% cana-de-açúcar com consumo de 1,5% do PV (7 dias); 4ª fase (03/09/19 à 05/09/19) - 100% cana-de-açúcar com consumo de 1,75% do PV (5 dias).

dias). Os animais foram distribuídos aleatoriamente aos tratamentos e as baias, de forma que cada dupla recebesse o mesmo tratamento. As baias foram identificadas com a cor correspondente a coloração de identificação do material genético quando retirada do campo. O corte da cana-de-açúcar foi realizado diariamente, o mais rente possível do solo; após o corte removeu-se toda a palhada das canas e os feixes de cana foram identificadas por cordas com diferentes colorações. Em seguida, foram transportadas e separadas por material genético sobre o chão previamente limpo. O fornecimento foi realizado mediante trituração em pequenas partículas através de ensiladeira forrageira (EC-4800, CREMASCO®). A dieta foi pesada com uso de balança tipo relógio com gancho (RURALBAN®) de capacidade 50 Kg e escala 200 gramas. Os animais receberam o volumoso picado no cocho 3 vezes ao dia, às 7, às 13 e às 17 horas. Antes do primeiro trato, as sobras do dia anterior foram removidas e pesadas para avaliar o consumo da dieta/dia. Cada animal recebeu 2 Kg de concentrado farelado composto por: milho, farelo de trigo, farelo de soja e núcleo mineral vitamínico divididos em dois tratos às 7 e às 17 horas, além de 50 g de sal mineral/ dia fornecido junto ao volumoso no trato das 7 horas. A composição bromatológica do capim elefante e do concentrado farelado podem ser observados na tabela 5.

Tabela 5. Composição bromatológica do Capim Elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum, var. Napier) e do concentrado farelado

Alimentos	Nutrientes (g/kg de MS)												
	MS	MM	P	EE	PB	FDN _c	FDA	Lig	Cel	Hem	CNF	EB*	ED*
Capim elefante	299,3	150,6	6,6	18,5	73,1	755,1	494,4	89,4	405	260,7	2,7	3506	1339
Concentrado farelado	872,4	69,9	8,7	33,8	246,7	265,9	98,7	68,3	30,4	167,1	383,7	4417	3019

MS = matéria seca; MM = matéria mineral; P = fósforo; EE = extrato etéreo; PB = proteína bruta; FDN_c = fibra em detergente neutro corrigida para cinzas; FDA = fibra em detergente ácido; Lig = lignina; Cel = celulose; Hem = hemiceluloses; CNF: Carboidrato não fibroso = 100 – (PB + FDN_c + EE + MM) (NRC, 2007); *EB = Energia bruta (Kcal/kg de MS); *ED: Energia digestível (Kcal/kg de MS) = 2118 + 12,18 x %PB – 9,37 x %FDA – 3,83 x %HEM + 47,18 * %EE + 20,35 x %CNF – 26,3 x %MM (PAGAN, 1998).

Pesagem dos animais: Os animais foram pesados semanalmente através de balança mecânica com capacidade de 1500 Kg e precisão de 0,5 Kg (6001-BC, AÇÔRES®), antes do oferecimento do primeiro trato as 7 horas.

Características físico-químicas fecais: as avaliações foram divididas em quatro momentos: após adaptação ao consumo de capim elefante (13/08/19); no sexto dia do consumo de 30% de cana-de-açúcar 70% de capim elefante (18/08/19); no quinto dia do consumo de 60% de cana-de-açúcar e 40% capim elefante (25/08/19) e no sexto dia de consumo de 100% cana-de-açúcar

(01/09/19). Na avaliação físico-química das fezes foram adotados os seguintes procedimentos: foram colhidas amostras fecais de 3 defecações distintas para a obtenção do valor médio para cada animal. As análises das características das fezes foram efetuadas segundo metodologia descrita por Gonçalves et al. (2006) e Grimm et al. (2016). A estrutura foi avaliada de acordo com Gonçalves et al. (2006) seguindo os quesitos: normal, pastosa (mais aquosa que as fezes consideradas normais) e diarreicas. As demais variáveis avaliadas foram: Peso em g (P), Comprimento em mm (C), Largura em mm (L), Altura em mm (A), Volume em mL (V), Densidade em g/cm^3 (D), Estrutura (E), pH e teor de matéria seca em g/kg (MS). Colheu-se uma síbala que foi mensurada com paquímetro digital e, a mesma síbala foi pesada em balança portátil de precisão $\pm 1\text{g}$. Em seguida, a mesma síbala foi envolvida em papel alumínio para a determinação da MS total. Uma outra síbala, proveniente da mesma defecação, foi utilizada para a avaliação da coloração. O critério cor foi categorizado conforme Grimm et al. (2016) em: verde claro, verde (normal) e verde escuro. Para tanto, foram efetuadas imagens de alta resolução, as fotos foram realizadas com iluminação constante e em mesmo ângulo e distância focal de acordo com Grimm et al. (2016). As imagens foram realizadas em mini estúdio fotográfico (0.22x0.22x0.22m) com fundo preto e branco dividido em quadrados de 1 cm e iluminação LED fixa (10 pontos de Led). A intensidade luminosa no local onde foram posicionadas as fezes foi mensurada com luxímetro (Phywe®), sonda modelo (1210701) com valor médio de 260 lux. Utilizou-se câmera fotográfica (NIKON® 7200) e lente de 18-140mm, 1:3.5-5.6G acoplados ao tripé. Após colhida a imagem, a mesma síbala foi utilizada para mensurar a densidade por deslocamento de água. Foi utilizado proveta graduada de 500mL, foi adicionado 200 mL de água em temperatura ambiente até atingir o menisco, na sequência a síbala foi gentilmente inserida no interior da proveta até completa submersão (SOUZA et al. 2017). Após estabilização do nível d'água, a altura da coluna d'água foi mensurada através da própria calibração da proveta. A densidade (g/cm^3) foi estimada pela razão entre a massa da síbala e o volume de água deslocado pela síbala na proveta. As síbalas restantes foram prensadas em tecido de náilon de 45 μm para a extração do líquido onde se determinou o pH fecal. Foram caracterizadas como síbalas sem estrutura as que não permitiram a medição das variáveis de medidas mensuradas em mm (comprimento, altura e largura).

Análises Bromatológicas: Os alimentos foram analisados para matéria seca (MS; AOAC, 2005) proteína bruta (PB; AOAC, 2005), extrato etéreo (EE; método 991.36; AOAC, 2005), energia bruta foi determinada através de bomba calorimétrica (EB; bomba calorimétrica Parr 1381, Parr Instruments Co., Moline, IL), cinzas (MM; AOAC, 2005), fibra em detergente neutro

corrigido para cinzas (FDNc; VAN SOEST et al., 1991), fibra em detergente ácido (FDA; VAN SOEST et al., 1991), lignina analisada por oxidação com permanganato (VAN SOEST & ROBERTSON, 1980).

Análise estatística: Devido ao aparecimento das cólicas nos animais experimentais, impossibilitando a conclusão do ensaio experimental, os dados observados foram avaliados por meio de análise descritiva baseada em valores médios e desvios padrões pelo programa Excel 2016 (Pacote Office, MICROSOFT®).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dos estudos realizados no Brasil (MACHADO, 1992; GARCIA, 1997; PEREIRA & QUEIROZ, 1997; FIGUEIREDO et al., 1999; ARAÚJO et al., 2003; PEREIRA, 2014) que fizeram o uso da cana na alimentação de equinos, apenas Pereira (2014) utilizou da análise de °Brix observando valor de 19, para confirmar o momento adequado do corte, a fim de se obter o melhor valor nutricional para alimentação animal.

No presente estudo, além da aplicação do °Brix, foi realizado também o acompanhamento do IM e do Pol% para melhor descrever o valor nutricional e aumentar a segurança do seu fornecimento. Os valores médios de IM, °Brix e Pol% dos materiais genéticos de cana-de-açúcar variaram de 0,91 a 1 (IM), 20,7 a 21,4 (°Brix) e 14 a 14,5 (Pol%).

Brieger (1968) considera madura a cana-de-açúcar quando atinge os seguintes valores mínimos de °Brix 18; e Pol% cana 13,0. Logo, foi constatado que os materiais genéticos se apresentaram em idade ideal para o corte e com melhor valor nutricional. Após a determinação do momento adequado do corte pelo teor IM, °Brix e Pol% cana, foram observadas a composição bromatológica dos quatro materiais genéticos (Tabela 6).

Tabela 6. Composição bromatológica dos materiais genéticos de cana-de-açúcar RB867515, RB058046, RB098022, RB969017 sem a palhada

Nutrientes (g/kg de MS)	Materiais genéticos			
	RB867515	RB058046	RB098022	RB969017
MS	294,1	257,8	268,6	216,8
MM	30,5	32,7	30,6	43,8
P	0,577	0,878	1,048	1,834
EE	8,7	9,2	7,2	8,0
PB	25,3	25,4	33	52,9
FDN _c	539,8	527	463,8	449,4
FDA	285,9	286,8	277,3	246,2
Lig	232,1	227,3	221,9	200,5
Cel	53,8	59,5	55,4	45,7
Hem	253,9	240,1	186,6	203,2
CNF	395,7	405,7	465,4	445,9
EB (Kcal/kg MS)	4344	4190	4290	4105
ED (Kcal/kg MS)	2550	2572	2728	2704

MS = matéria seca; MM = matéria mineral; P = fósforo; EE = extrato etéreo; PB = proteína bruta; FDN_c = fibra em detergente neutro corrigida para cinzas; FDA = fibra em detergente ácido; Lig = lignina; Cel = celulose; Hem = hemiceluloses; CNF: Carboidrato não fibroso = 100 - (PB + FDN_c + EE + MM) (NRC, 2007); EB = Energia bruta; ED: Energia digestível = 2118 + 12,18 * %PB - 9,37 * %FDA - 3,83 * %HEM + 47,18 * %EE + 20,35 * %CNF - 26,3 * %MM (PAGAN, 1998).

O controle do consumo de matéria seca foi realizado diariamente, além das avaliações físico-químico das fezes. Gonçalves (2006) discutiu a possibilidade da descrição de características físico-químicas das fezes de equinos como suporte para o diagnóstico de cólica. Além disso, a avaliação das fezes de equinos foi utilizada como indicador da saúde do trato gastrointestinal de equinos devido a mudanças dietéticas (GODOI et al., 2010; PEREIRA, 2014).

As características físico-químicas das fezes foram efetuadas em 4 períodos. Inicialmente, todos os animais receberam capim elefante como volumoso a fim de se adaptarem a nova dieta. Nesta fase, os valores médios (n=8) observados para as características físico-químicas das fezes podem ser observadas na tabela 7.

Tabela 7. Valor médio (n=8) das características físico-químicas das fezes com fornecimento de 100% capim elefante como volumoso

	Características físico-químicas das fezes							
	C (mm)	L (mm)	A (mm)	P (g)	V (mL)	D (g/cm ³)	MS (%)	pH
Média	62,22	50,13	35,45	52,35	59,26	0,894	20,27	7,6
DP	±5,31	±11,21	±4,73	±8,78	±9,64	±0,058	±0,04	±0,22

C = Comprimento; L = Largura; A = Altura; P = Peso; V = Volume; D = Densidade, MS = Matéria seca; pH; DP = desvio padrão da média.

O teor médio de matéria seca fecal foi próximo ao apresentado por Harris et al. (2013), onde indicaram que o teor de 20% para fezes com estrutura ideal.

Foi observado valor de 7,6 para variável pH. Hydock et al. (2014) realizaram estudos para criar protocolo padrão de análise de pH fecal. Os autores observaram valores de pH fecal que variaram de 5,89 a 7,9, indicando que o pH de 7,6 é um valor confiável para ser utilizado como controle.

O capim elefante é um volumoso comumente utilizado na alimentação de equinos como estratégia para período de seca, apesar de também apresentar menor valor nutricional (ALMEIDA et al., 1999). Desse modo, as características físico químicas fecais obtidas a partir da adaptação ao consumo do capim elefante foram consideradas como controle, para comparação com a inclusão da cana na dieta.

A análise descritiva das variáveis estrutura e coloração podem ser observadas a seguir (Tabela 8).

Tabela 8. Avaliação da estrutura e coloração das fezes após período de adaptação (13/08/2019) ao consumo de dieta volumosa de 100% capim elefante

Características	Animais							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Estrutura	pastoso	pastoso	normal	normal	pastoso	normal	normal	normal
Coloração	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde

A estrutura das fezes varia de normal, pastosa, diarreica de acordo com Gonçalves (2006) e coloração varia de verde claro; verde e verde escuro de acordo com Grimm et al. (2016).

Alguns animais apresentaram fezes pastosas no dia da avaliação. Entretanto, observou-se no geral que as fezes se apresentavam no formato característico de síbala e de coloração verde normal de acordo com Grimm et al. (2016) (figura 2).

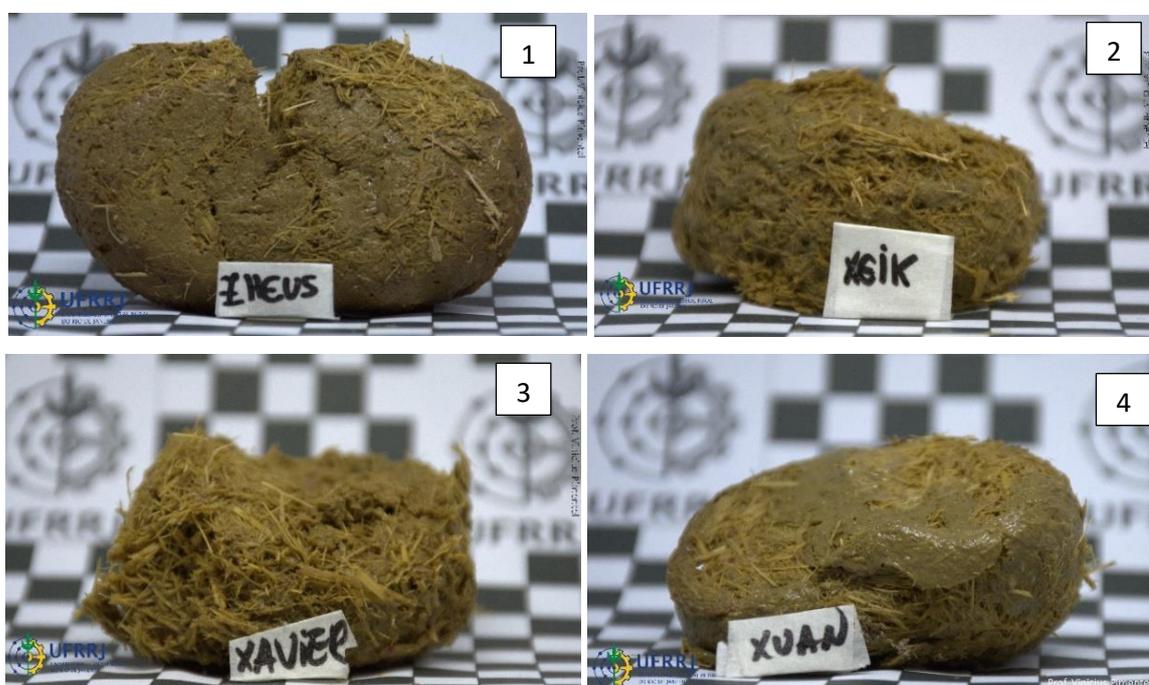


Figura 2. Estrutura fecal e coloração das fezes de animais com dieta volumosa de 100% capim elefante.

Observa-se fibra bem estruturada e muco evidente nas fezes dos animais (Imagens 1 e 4). O muco intestinal é produzido pela mucosa intestinal, que contém grandes quantidades de células de Goblet, especialmente nas regiões de ceco e cólon menor (MERRITT & JULLIAND, 2013). A secreção de muco facilita o trânsito do conteúdo através do intestino diminuindo sua fricção na mucosa e favorecendo sua passagem através do cólon descendente e o reto (LOPES & JOHNSON, 2017).

A estrutura fecal de pior qualidade (Imagens 2 e 3) foram dos animais que apresentaram fezes pastosas, após análise do teor de matéria seca fecal para ambos os animais foram observados valores de 17,42 e 17,49%, Valores abaixo dos indicados por Harris et al. (2013) de 20% MS. Com isso, entende-se que o maior teor umidade nas fezes pode influenciar na correta formação da síbala.

A propriedade higroscópica das fibras constitui um aspecto interessante para explicar o peso e volume das fezes dos equinos, pois fibras menos lignificadas possuem maior capacidade de adsorção de água melhorando o grau de viscosidade (FERREIRA, 1994). Harris et al. (2013) observaram que o efeito vitrificado característico em fezes saudáveis também pode estar relacionado à capacidade de adsorção da fibra. De acordo com os autores, fibra de boa qualidade com bons teores de carboidratos rapidamente fermentescíveis conseguem se ligar de forma mais adequada às moléculas de água favorecendo a formação das síbalas no cólon menor e o seu deslocamento.

Após período de adaptação com capim elefante picado, iniciou-se o fornecimento dos materiais genéticos de cana. As características físico-químicas das fezes no sexto dia de fornecimento de dieta volumosa com inclusão de 30% de cana-de-açúcar como volumoso podem ser observadas na tabela a seguir (Tabela 9).

Tabela 9. Valores médios e o desvio padrão das médias das características físico-químicas das fezes por material genético de cana-de-açúcar (n=2) com fornecimento de 30% cana-de-açúcar e 70% capim elefante como volumosos

Material genético	Características físico-química das fezes							
	C (mm)	L (mm)	A (mm)	P (g)	V (mL)	D (g/cm ³)	MS (%)	pH
RB867515	60,69	40,97	37,91	62,44	65,00	0,96	14,99	7,04
RB058046	46,54	43,21	42,02	39,96	44,17	1,02	17,89	6,96
RB098022	56,29	42,44	34,11	46,61	41,25	1,33	17,46	7,07
RB969017	64,42	46,90	42,65	56,52	60,00	0,99	18,73	6,69
DP	±7,71	±2,52	±3,98	±10,03	±11,67	±0,17	±0,02	±0,17

C = Comprimento; L = Largura; A = Altura; P = Peso; V = Volume; D = Densidade, MS = Matéria seca; pH; DP = desvio padrão da média.

Quanto as variáveis referentes ao comprimento, largura e altura, as fezes apresentaram valores similares entre si com baixo desvio padrão, o que indica padronização. Quanto ao peso, as fezes provenientes dos animais nos clones RB058046 e RB098022 apresentaram os menores valores de 39,96g e 46,61g em comparação as demais, refletindo nos valores de volume e densidade fecal.

De modo geral, a inclusão da cana em 30% na dieta oferecida aos cavalos causou efeito na redução do teor de MS fecal, sendo a redução máxima observada para a cana RB867515 de

14,99%. De forma interessante, essa variedade foi a que apresentou superior teor de MS e lignina de 294,1 e 232,1 g/kg de MS, respectivamente. Rasper (1979) observou queda da capacidade de adsorção de fibras correspondentes a cereais com maiores teores de lignina em sua composição. Isso acontece pelo fato de a lignina ser um polímero de fenilpropano de natureza hidrofóbica (HATFIELD & FUKUSHIMA, 2005). Devido baixa capacidade de adsorção, a água fica livre no intestino, podendo formar uma malha de partículas dificultando o trânsito intestinal e favorecendo a compactação do bolo fecal (DURAL & HINES, 1993).

De acordo com Potty (1996), a composição, a estrutura física e o tamanho da partícula fibrosa do alimento influenciam diretamente na capacidade de adsorção da água na fibra. Alimentos com maior teor de carboidratos não amiláceos em sua composição, como a polpa de beterraba e casca de soja, apresentam grande capacidade higroscópica e de adsorção de moléculas de água promovendo aumento da viscosidade do conteúdo do trato gastrointestinal (MOORE-COLYER et al., 2002).

O grau de solubilidade dos componentes da fibra está relacionado com a composição da fração solúvel, composta por: betaglucanas, pectinas e gomas. Devido à capacidade de adsorção desses compostos, eles promovem a formação de soluções coloidais, que por sua vez influenciam na viscosidade da digesta (LENTLE et al., 2008; HARRIS et al., 2013).

Apesar da importância desses componentes da fração solúvel, não existe recomendação da quantidade mínima necessária desta fração que auxilie na manutenção da saúde intestinal quanto aos efeitos sobre o trânsito da digesta, bem como na adequada formação das sítalas.

A fração solúvel da cana-de-açúcar corresponde basicamente à sacarose, contendo baixo teor de betaglucanas, pectinas e gomas. Logo, devido à baixa capacidade de adsorção proveniente da fibra da cana-de-açúcar, é esperado queda da qualidade das fezes.

Observou-se queda do pH fecal quando comparados ao pH fecal dos animais alimentados com capim elefante como volumoso. A queda do pH pode ser explicada pela maior concentração de carboidratos solúveis na dieta (HOFFMAN et al., 2001). Adicionalmente, maior consumo de sacarose pode levar a uma sobrecarga de carboidratos solúveis. O processo fermentativo desses carboidratos no intestino grosso favorece a proliferação de *Lactobacilli* spp. e produção de lactato, podendo sobrecarregar os mecanismos tamponantes do intestino grosso favorecendo a queda do pH (HOFFMAN, 2003).

A descrição da estrutura e coloração fecal dos animais consumindo dieta volumosa de 30% de cana-de-açúcar 70% de capim elefante pode ser observada na tabela a seguir (Tabela 10).

Tabela 10. Avaliação da estrutura e coloração das fezes por material genético de cana (n=2) no sexto dia (18/08/2019) do consumo da dieta volumosa de 30% de cana-de-açúcar 70% de capim elefante

Características	Materiais genéticos							
	RB867515		RB058046		RB098022		RB969017	
	1	2	1	2	1	2	1	2
Estrutura	normal	pastoso	normal	normal	normal	pastoso	normal	normal
Coloração	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde

A estrutura das fezes varia de normal, pastosa, diarreica de acordo com Gonçalves (2006) e coloração varia de verde claro; verde e verde escuro de acordo com Grimm et al. (2016).

Não foi possível registrar as fotos para dieta correspondente a essa data, impossibilitando a avaliação da coloração das fezes. No dia da avaliação foram observados 2 animais com fezes de estrutura comprometida sendo um animal que recebeu o tratamento RB867515 e outro recebeu tratamento RB098022; ambos apresentaram fezes sem estrutura, ou seja, fezes pastosas em todas as 3 defecações. O teor médio de MS das fezes dos animais dos tratamentos RB867515 e RB098022 foram de 14,99 e 18,73%.

Contudo, apesar de dois animais terem apresentado fezes pastosas, no geral, a inclusão de 30% de cana-de-açúcar como volumoso na dieta não representou grandes alterações nessas variáveis, a estrutura fecal dos animais remanescentes apresentava síbalas bem estruturadas.

As características físico-químico das fezes no quinto dia do fornecimento de dieta volumosa na terceira etapa da introdução da cana na alimentação, com inclusão de 60% de cana-de-açúcar na dieta dos animais, em substituição ao capim Elefante podem ser observadas a seguir (Tabela 11).

Tabela 11. Valores médios e o desvio padrão das médias das características físico-químicas das fezes por material genético de cana-de-açúcar (n=2) com fornecimento de 60% cana-de-açúcar e 40% capim elefante como volumosos

Material genético	Características físico-química das fezes							
	C (mm)	L (mm)	A (mm)	P (g)	V (mL)	D (g/cm ³)	MS (%)	pH
RB867515	46,37	36,94	34,66	32,93	33,33	1,02	14,82	7,39
RB058046	49,08	37,32	34,48	38,18	42,50	0,90	16,52	7,29
RB098022	48,66	42,27	32,82	43,94	50,00	0,89	26,68	7,24
RB969017	53,59	40,19	33,86	39,02	40,00	1,05	29,15	6,97
DP	±3,02	±2,52	±0,83	±4,51	±6,88	±0,08	±0,07	±0,18

C = Comprimento; L = Largura; A = Altura; P = Peso; V = Volume; D = Densidade, MS = Matéria seca; pH; DP = desvio padrão da média.

Observa-se menores valores de comprimento, largura e altura das fezes para todos os materiais genéticos com o aumento da inclusão para 60% de cana-de-açúcar como volumoso.

Contudo, entre os materiais genéticos os valores foram bem próximos com menor discrepância entre os desvios padrões do comprimento, largura e altura de 3,02; 2,52 e 0,83 mm, respectivamente. Observou-se valores inferiores de peso e volume de fezes devido ao menor tamanho da síbala. Apesar disso, a densidade das fezes variou de 0,89 a 1,05 g/ mL.

Dentre as variáveis, observou-se que os animais que consumiram os materiais genéticos RB867515 e RB058046 apresentaram menores valores de MS fecal de 14,82 e 16,52%, respectivamente, esses valores foram menores que os obtidos nas fezes controle (animais em dieta com capim elefante). De modo que a baixa capacidade de adsorção da fibra devido ao maior teor de lignina das cultivares interferiu na formação da síbala.

Observou-se valores de pH fecal que variaram de 6,97 a 7,39, valores superiores aos observados quando os animais consumiam dieta com 30% cana-de-açúcar que variaram de 6,69 a 7,04. Essa mudança pode ter ocorrido porque na dieta com 30% de inclusão, a cana-de-açúcar era um alimento completamente novo para os animais, que por sua vez não tinham receptores suficiente para absorver os carboidratos solúveis, gerando maior trânsito de carboidratos solúveis para o intestino grosso (HOFFMAN et al., 2001; De FOMBELLE et al., 2001, 2003).

De acordo com Shirazy-Beechey et al. (2011), a expressão genética dos receptores SGLT1 no intestino delgado e sua capacidade absorptiva nos enterócitos varia de acordo com o aumento da ingestão de glicose. Contudo, devido ao maior aporte de dissacarídeos hidrolisáveis na composição da cana-de-açúcar, espera-se que a adaptação e aumento da expressão genética do intestino delgado possa ocorrer com maior intensidade. Dessa forma, quando ocorreu aumento da inclusão de cana-de-açúcar para 60%, possivelmente já havia maior capacidade absorptiva de açúcares no intestino delgado, com menor entrada de carboidratos solúveis no intestino grosso, justificando a recuperação do pH fecal a valores similares do controle.

A descrição da estrutura e coloração fecal dos animais tratados com dieta volumosa de 60% de cana-de-açúcar 40% de capim elefante pode ser observada a seguir (Tabela 12).

Tabela 12. Avaliação da estrutura e coloração das fezes por material genético de cana (n=2) após cinco dias (25/08/2019) do consumo da dieta volumosa de 60% de cana-de-açúcar 40% de capim elefante

Características	Materiais genéticos							
	RB867515		RB058046		RB098022		RB969017	
	1	2	1	2	1	2	1	2
Estrutura	pastoso	pastoso	normal	normal	pastoso	normal	pastoso	normal
Coloração	Verde claro	Verde claro	Verde claro	Verde claro	Verde claro	Verde claro	Verde claro	Verde claro

A estrutura das fezes varia de normal, pastosa, diarreica de acordo com Gonçalves (2006) e coloração varia de verde claro; verde e verde escuro de acordo com Grimm et al. (2016).

Na avaliação da estrutura fecal após a inclusão de 60% de cana-de-açúcar como volumoso, observa-se que a estrutura fecal continuou íntegra com presença de sÍbalas bem formadas com alguns casos de fezes amolecidas no início do fornecimento do novo alimento. Contudo, quanto à coloração, pode-se observar o clareamento das sÍbalas, que mudaram de um tom esverdeado considerado normal quando a dieta era composta apenas por capim elefante para um tom verde claro tendendo ao amarelado (figura 3).

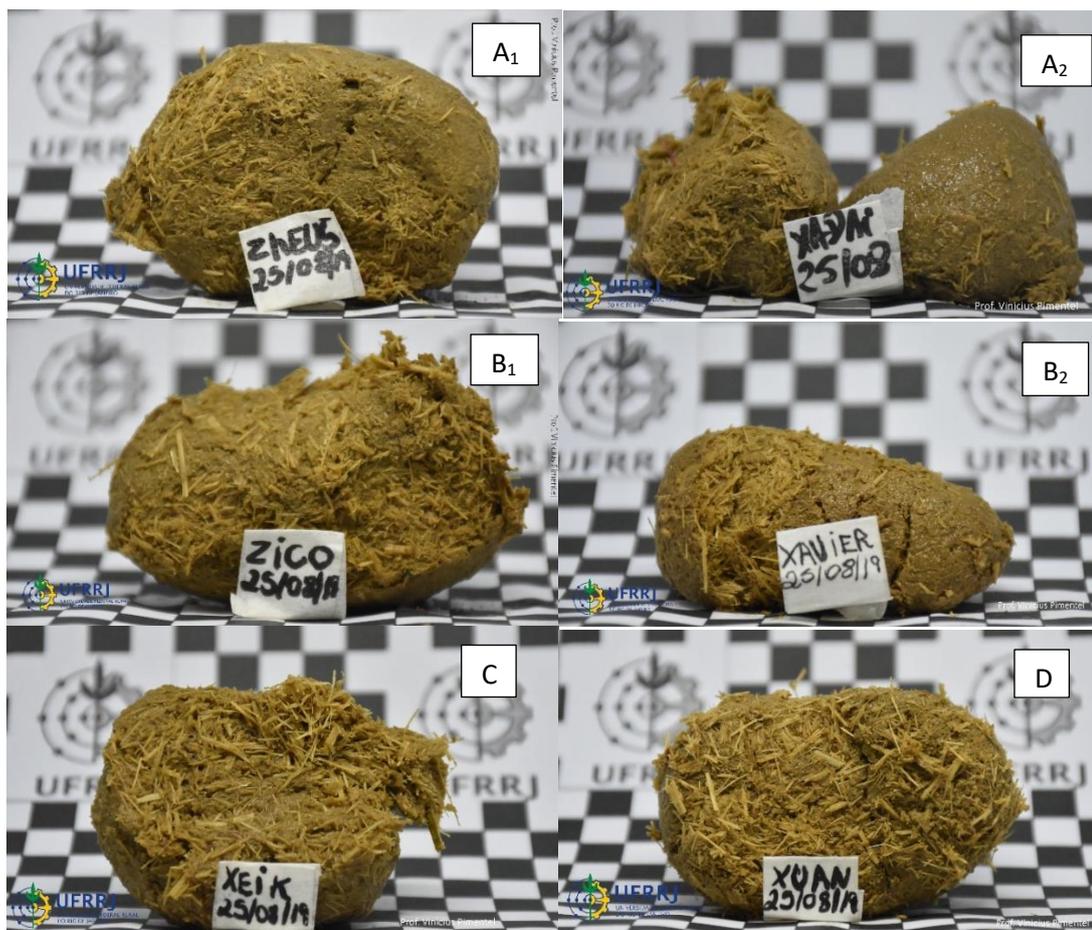


Figura 3. Estrutura fecal e coloração das fezes de animais com dieta volumosa de 60% cana-de-açúcar e 40% capim elefante. Imagens seguidas de mesma letra representam o mesmo tratamento. A = RB867515; B = RB969017; C = RB098022; D = RB058046.

O aspecto estrutural das fezes é visivelmente ressequido e com presença de maior quantidade de fibras com partículas grosseiras, diferente quando comparado as fezes dos animais que consumiam apenas capim elefante. É importante ressaltar que a cana-de-açúcar foi fornecida sem a palhada, entretanto, a casca que é lignificada não foi removida. Além disso, o sabor adocicado tem influência sobre a velocidade de consumo, diminuindo, conseqüentemente, o tempo de mastigação, que por sua vez, diminuiu a eficiência da redução

no tamanho das partículas durante a mastigação. O efeito do tamanho da partícula da cana triturada previamente ao fornecimento para o consumo equino deve ser avaliado em estudos futuros, uma vez que, segundo Silva et al. (2014) observaram que os mecanismos de retenção das partículas presentes no ceco, cólon ventral direito e cólon dorsal são afetados pela redução do tamanho das partículas do feno de capim coast-cross.

Janis et al. (2010) observaram a taxa e a intensidade de mastigação em estudo comparativo das estratégias de mastigação entre equinos e bovinos. De acordo com os autores, os equinos apresentaram aumento da ingestão de matéria seca associada a queda da frequência de mastigação quando consumiram alimentos com maiores teores de fibra. Tal fato pode explicar o aumento considerável do tamanho das partículas fibrosas observadas nas fezes. Reforçando a possibilidade dos equinos quando submetidos ao consumo do volumoso adocicado como a cana, apresentarem menor frequência de mastigação.

Clauss et al. (2013) observaram que alimentos de fibra de baixa digestibilidade podem causar cólica por compactação pois a baixa qualidade da fibra aumenta o tempo médio de retenção, indicando dessa forma a influência das características do alimento sobre a formação da digesta independentemente da quantidade de alimento ingerido.

Outro fator é a maior compactação das fezes. Observa-se fezes menos aeradas quando comparadas as fezes em dieta volumosa de capim elefante. Esta diferença é evidenciada nas fezes dos animais que apresentaram maiores teores de MS de 26% (imagem C) e 29% (imagem B₁ e B₂), tendo em vista que o teor de MS fecal do controle apresentou 20,27%. Corroborando com os menores valores de comprimento, largura e altura observados nas análises físico-química para esta fase experimental.

Zeyner et al. (2004) avaliaram características fecais das fezes de equinos com aumento da inclusão de aveia e observaram teores de matéria seca fecal entre 20,6 a 23,2 %. De acordo com os autores, a avaliação das fezes apenas pelo teor de matéria seca não é suficiente para indicar alterações em sua formação, com isso, precisa ser associado a características da fibra do alimento oferecido.

Após 12 dias de adaptação as diferentes inclusões de cana-de-açúcar como volumoso, o capim elefante foi completamente substituído pela cana-de-açúcar. As avaliações físico-químicas foram realizadas no sexto dia do fornecimento de 100% cana-de-açúcar como volumoso (Tabela 13).

Tabela 13. Valores médios e o desvio padrão das médias das características físico-químicas das fezes por material genético de cana-de-açúcar (n=2) com fornecimento de 100% cana-de-açúcar como volumoso

Material genético	Características físico-química das fezes							
	C (mm)	L (mm)	A (mm)	P (g)	V (mL)	D (g/cm ³)	MS (%)	pH
RB867515	41,27	37,18	30,87	23,20	30,00	0,79	15,44	6,70
RB058046	46,12	39,36	33,91	32,23	33,33	0,99	15,02	6,71
RB098022	45,49	42,72	36,24	32,65	36,25	0,90	13,54	7,13
RB969017	63,10	42,88	35,50	49,95	50,00	1,16	22,67	6,78
DP	±9,65	±2,76	±2,38	±11,18	±8,78	±0,16	±0,06	±0,20

C = Comprimento; L = Largura; A = Altura; P = Peso; V = Volume; D = Densidade, MS = Matéria seca; pH; DP = desvio padrão da média.

Observou-se valores médios de comprimento, largura e altura similares aos apresentados na dieta com inclusão de 60% de cana-de-açúcar como volumoso. Quanto ao peso, as fezes dos animais no tratamento RB969017 apresentaram os maiores valores 49,95 g. Mantendo dessa forma os maiores valores tanto para volume quanto para densidade de 50 mL e 1,16 g/cm³, respectivamente.

Quanto aos teores de MS das fezes observou-se variação de 13,54 a 22,67% entre os materiais genéticos de cana-de-açúcar. Valores inferiores aos observados por Pereira (2014) que observou matéria seca fecal de 15,75 a 17,41%. Contudo, sabe-se que o aumento do conteúdo fibroso da dieta tem efeito direto na estrutura da sÍbala, principalmente em função do teor de umidade, tendo em vista que quanto menor digestibilidade da fração fibrosa, mais fibrosa será a sÍbala formada gerando aumento do volume produzido de fezes (LEWIS, 2000).

Observou-se variação do pH fecal de 6,7 a 7,13. Além disso, os valores de pH foram inferiores aos observados nas dietas de diferentes inclusões (30% e 60%) e na dieta composta apenas pelo capim elefante de 7,67. Pereira (2014) observou valores de pH fecal de equinos de 6,99 a 7,71, superiores aos do presente estudo. Contudo, os menores valores de pH observados nesse trabalho podem ser explicados pelos maiores teores de carboidratos não fibrosos dos materiais genéticos de cana-de-açúcar que variaram de 395,7 a 465,4 g/ Kg MS em relação a variedade utilizada pela autora, com valor de 264 g/ Kg MS.

De Fombelle et al. (2001) observaram que com o aumento da proporção de carboidratos solúveis na dieta, ocorre aumento da taxa de proliferação microbiana no ceco e cólon, gerando aumento tanto da produção de ácidos graxos voláteis quanto de lactato, intensificando a queda do pH.

A descrição da estrutura e coloração fecal dos animais que consumiram dieta contendo cana-de-açúcar como volumoso exclusivo pode ser observada a seguir (Tabela 14).

Tabela 14. Avaliação da estrutura e coloração das fezes por material genético de cana (n=2) após seis dias (01/09/2019) do consumo da dieta volumosa de 100% de cana-de-açúcar como volumoso

Características	Materiais genéticos							
	RB867515		RB058046		RB098022		RB969017	
	1	2	1	2	1	2	1	2
Estrutura	pastoso	normal	normal	normal	pastoso	normal	normal	normal
Coloração	Verde claro	Verde claro	Verde claro	Verde claro	Verde claro	Verde claro	Verde claro	Verde claro

A estrutura das fezes varia de normal, pastosa, diarreica de acordo com Gonçalves (2006) e coloração varia de verde claro; verde e verde escuro de acordo com Grimm et al. (2016).

Para as características estruturais das fezes, foi observado no início do fornecimento de todas as dietas a presença de fezes amolecidas. Contudo, no sexto dia do consumo de dieta 100% cana-de-açúcar como volumoso, as fezes apresentaram formato e estrutura de sÍbala além de coloração verde clara (figura 4).

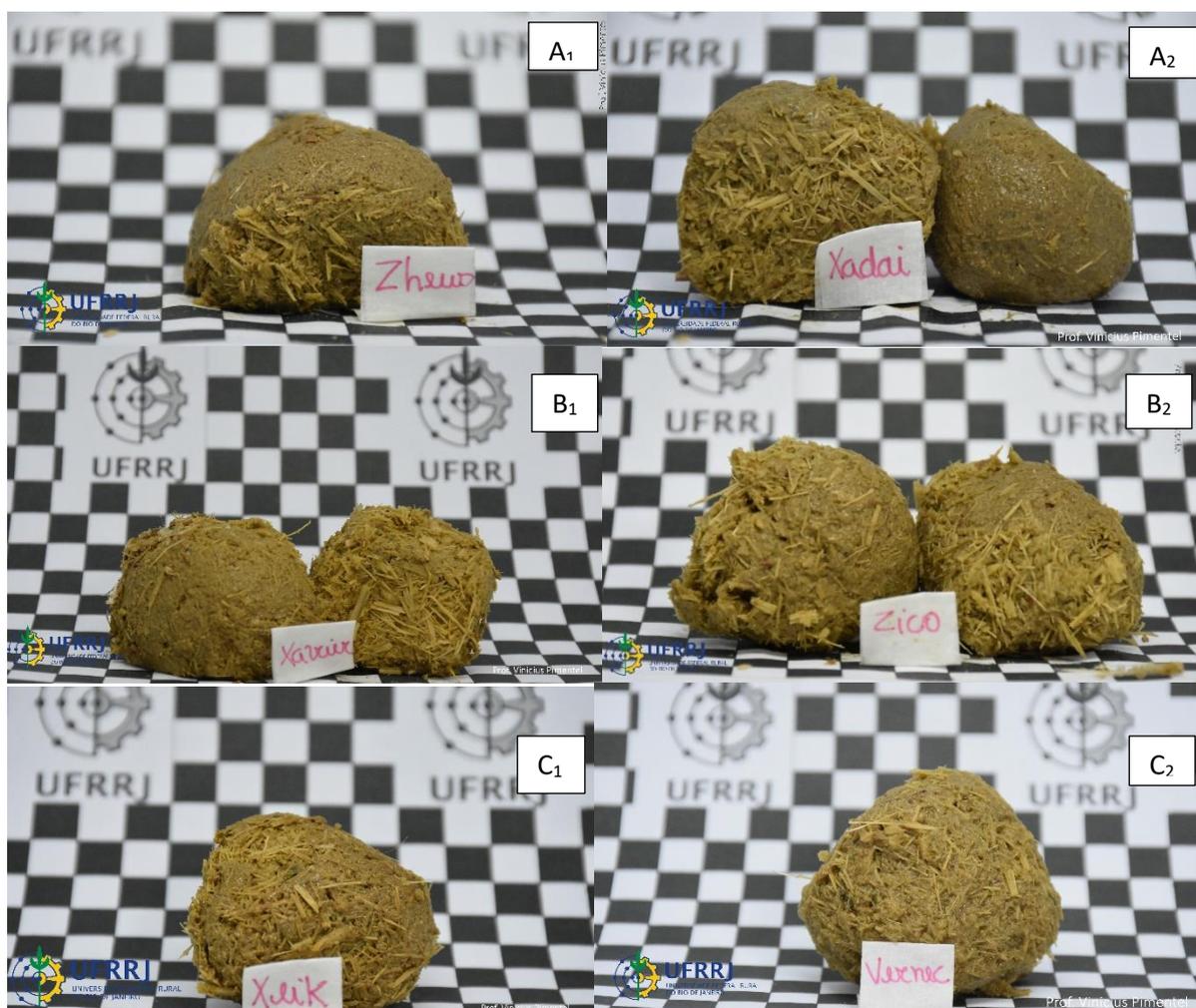


Figura 4. Estrutura fecal e coloração das fezes de animais com dieta volumosa composta por 100% cana-de-açúcar. Imagens seguidas de mesma letra representam o mesmo tratamento. A = RB867515; B = RB969017; C = RB098022; D = RB058046.

Observou-se com dieta composta por cana-de-açúcar como volumoso exclusivo que a coloração das fezes se manteve verde clara. Demonstrando que a composição e oferecimento de diferentes proporções dos alimentos na dieta são capazes de alterar a coloração da síbala (GRIMM et al., 2016).

Não foi possível encontrar na literatura escala padronizada de coloração fecal para equinos, entretanto, avaliações de coloração de fezes através de fotos em ambiente controlado como descrita por Grimm et al. (2016) e posterior publicação dessas imagens podem levar ao desenvolvimento de uma escala de coloração fecal.

A coloração das fezes também foi observada por Pereira (2014), sendo que 100% das fezes apresentaram coloração esverdeadas de acordo com Gonçalves et al. (2006), quanto a consistência das fezes produzidas, 78,23% foram consideradas normais e 21,77% sem forma, isto é, fezes similares as de ruminante. A autora concluiu que não houve efeito deletério do consumo da cana-de-açúcar no intestino grosso.

Além das variáveis físico-químicas houve o controle do consumo de matéria seca como forma de acompanhar a ingestão dos animais. O comportamento de escolha dos equinos é, em parte, uma resposta às percepções organolépticas: sabor, textura e odor dos alimentos, e tais características interferem no consumo voluntário (MEYER, 1995; VIEIRA, 2010).

Segundo Roguet et al. (1998) a palatabilidade influencia na preferência dos equinos, sendo que a preferência tem relação direta com as características organolépticas do alimento. Logo, quanto mais palatável for o alimento para o equino, maior será sua aceitabilidade e, conseqüentemente, o consumo (DELOBEL et al., 2008).

Cairns et al. (2002) sugeriram que os equinos podem selecionar dietas de alta concentração energética a partir de características organolépticas atrativas, como sabor e odor. Logo, a utilização da cana-de-açúcar como volumoso necessita de atenção tendo em vista a preferência dos equinos por alimentos adocicados (RALSTON, 1984). Podendo ocasionar diversos distúrbios gastrointestinais caso o consumo não seja regulado de acordo com o plano nutricional preestabelecido.

Uma das alternativas de manejo utilizadas para melhor controle do consumo de MS foi o aumento do número de refeições para 3 por dia. Diferentemente do fornecimento de 2 refeições/dia descrita nos estudos que utilizaram cana-de-açúcar para equinos (MACHADO, 1992; GARCIA, 1997; PEREIRA & QUEIROZ, 1997; FIGUEIREDO et al., 1999; ARAÚJO et al., 2003; PEREIRA, 2014).

Com isso, o consumo médio de MS (%) dos materiais genéticos de cana-de-açúcar foi quantificado e pode ser observado na tabela 15.

Tabela 15. Consumo médio de MS (%) dos materiais genéticos de cana-de-açúcar RB867515, RB058046, RB098022, RB969017 nas 4 diferentes fases de fornecimento em função do PV

Fases de fornecimento	Consumo médio de MS (%)			
	RB867515	RB058046	RB098022	RB969017
30% CA 70% CE	0,95	1,12	1,03	1,30
60% CA 40% CE	1,46	1,42	1,47	1,79
100% CA; 1,5% PV	1,60	1,20	1,17	1,50
100% CA; 1,75% PV	2,13	1,41	1,42	1,71
Desvio padrão	±0,49	±0,15	±0,21	±0,22

Observou-se aumento do consumo médio de MS de forma proporcional à inclusão de cana-de-açúcar na dieta, o que já era esperado devido ao maior fornecimento de sacarose. Dentre os materiais genéticos de cana-de-açúcar os animais na dieta com RB867515 apresentaram consumo superior de matéria seca; variedade apresentou maior teor lignina em sua composição química de 232,1 g/ Kg MS, quando comparada aos demais materiais genéticos (RB058046, RB098022 e RB969017) com valores de 227,3; 221,9; 200,5 g/ Kg MS, respectivamente. O alto teor de lignina também se torna fator de preocupação, devido à baixa capacidade de adsorção de água, o que pode elevar o risco de desencadeamento de cólica por compactação.

Machado (1992) e Pereira & Queiroz (1997) observaram consumo exclusivo de cana entre 0,35% a 1,04% do PV em MS/dia, enquanto consumo entre 0,85 e 0,87% do PV em MS/dia foram quantificados por Araújo et al. (2003) e Figueiredo et al. (1999), respectivamente. Garcia et al. (1997) por sua vez observaram consumo de cana-de-açúcar de 1,42% do PV.

Por fim, Pereira (2014) observou os maiores consumos exclusivos de cana *in natura* ou hidrolisada entre 1,69 e 2,67 Kg MS/ 100 g PV e não relataram o aparecimento de complicações gastrointestinais. Entretanto, o consumo de matéria seca foi estimado através de indicador LIPE, por ser um indicador de consumo e digestibilidade indireta que pode, portanto, apresentar imprecisões nas estimativas de consumo. Desse modo, persistindo a falta de recomendação prática do oferecimento da cana em quantidades seguras.

O elevado consumo de matéria seca da dieta volumosa composta apenas por cana-de-açúcar foi fator crítico para o aparecimento de quadros de cólica em quatro dos oito animais experimentais. Os animais acometidos foram a dupla do tratamento RB867515, um animal do

tratamento RB969017 e outro do tratamento RB058046, com consumo de matéria seca de 2,13%, 1,41% e 1,71% PV, respectivamente.

O consumo de 1,41% PV em cana-de-açúcar, mesmo sendo inferior a 1,42% PV descrito por Garcia et al. (1997) não é uma recomendação segura. Sabe-se que a cólica é uma doença multifatorial (GONÇALVES et al., 2006). Logo, o manejo realizado pelos autores pode ter auxiliado na manutenção da saúde do trato gastrointestinal, evitando o acometimento dos animais por cólica.

Além do consumo de matéria seca, a estimativa do consumo de sacarose em g/dia foi quantificado e pode ser observado na tabela 16.

Tabela 16. Consumo de sacarose por material genético de cana-de-açúcar em gramas por kg de peso vivo/animal/dia

Materiais genéticos	Consumo de cana (Kg MS/dia)	CNE ¹ (g/Kg MS)	Consumo sacarose/dia (g/dia)	Peso Vivo Médio (Kg)	Consumo de Sacarose (g/Kg PV/dia)
RB867515	8,2	395,7	3244,7	360	9,01
RB058046	5,9	405,7	2393,6	395	6,06
RB098022	5,5	465,4	2559,7	399	6,42
RB969017	5,4	445,9	2407,9	387	6,22

*Peso médio das duplas; Carboidratos não fibrosos (CNF) = 1000 – (PB + EE + MM + FDN), valor utilizado como estimativa do teor de sacarose.

O consumo de sacarose em g/kg PV/animal/dia foi superior aos valores estimados através dos dados dos estudos que forneceram cana-de-açúcar para equinos (MACHADO, 1992; GARCIA et al., 1997; PEREIRA & QUEIROZ, 1997; FIGUEIREDO et al., 1999; ARAÚJO et al., 2003 e PEREIRA, 2014) que variaram de 2,45 à 3,99 g/kg PV (Tabela 3). A ingestão de alimentos com altos teores de CNF, neste caso a sacarose, pode levar ao desenvolvimento da síndrome metabólica equina (SME), doença caracterizada pela laminite, resistência insulinêmica e obesidade (JOHNSON et al., 2010). Contudo, os animais experimentais não apresentaram sinais clínicos de SME e não foram observados estudos que tenham avaliado a longo prazo os efeitos metabólicos do consumo da sacarose proveniente da cana.

Fatores relacionados ao estresse também podem alterar o consumo de matéria seca e, conseqüentemente, consumo de sacarose. De acordo com Lacasha et al. (1997), o tempo de aprendizagem influencia não só no fornecimento de alimentos industrializados, como também no consumo de novas forragens pelos animais, sendo aconselhável a substituição gradativa da dieta com intuito de reduzir o estresse causado pela sua mudança. Devido a isso, durante todas

as fases de fornecimento, as sobras foram removidas do cocho para correção do consumo de matéria seca, além disso, foram realizadas avaliações clínicas veterinárias em todas as fases de mudança da dieta.

Contudo, quando a dieta passou para o fornecimento de cana-de-açúcar como única fonte de volumoso, os animais passaram a deixar maiores quantidades de sobra no cocho. Associação entre o sabor do alimento e a consequência de ingeri-lo são mecanismos de aprendizagem que interferem diretamente no consumo voluntário dos equinos (HIRSCH, 1973).

De acordo com Sclafani (1995), o comportamento ingestivo de equinos também é influenciado pelas consequências pós ingestão, isto é, pode ocorrer diminuição ou até interrupção do consumo caso percebam algum desconforto que possa gerar um distúrbio no trato gastrointestinal.

O primeiro caso de cólica foi registrado em um dos animais consumindo a variedade RB867515. Este animal apresentou consumo individual de cana-de-açúcar equivalente a 2,15% PV. Antes do primeiro fornecimento da dieta as 7 da manhã, foi observado 6,3 Kg de matéria verde de sobras. Durante o período da tarde, foi observado sinais evidentes como inquietação, sudorese excessiva, dificuldades para caminhar e vontade de se deitar (Figura 5), tentar cabecear o flanco, frequência respiratória elevada (LARANJEIRA & ALMEIDA, 2009) e fezes com presença de muco característica de cólica. (Figura 6).

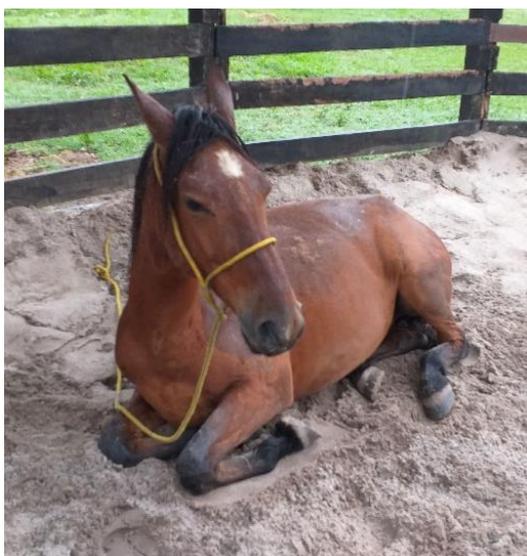


Figura 5 e 6. Animal com sinais clínicos de cólica; fecaloma com presença de muco.

O animal foi avaliado clinicamente por médicos veterinários da própria universidade e recebeu hidratação parenteral com administração de soro Ringer Lactato e administração de

analgésicos para aliviar a dor e desconforto, o tratamento clínico permaneceu até o animal apresentar melhora do quadro. Após término, o animal pernoitou em redondel de areia para que pudesse ser encaminhado para o hospital de grandes animais no dia seguinte.

Após encaminhamento ao hospital veterinário e realização de exame clínico esse animal foi encaminhado para procedimento cirúrgico. Foi identificado deslocamento rostral de flexura pélvica, compactação de cólon dorsal e ventral direito, compactação de flexura esternal e compactação de cólon menor, com formação de fecaloma. A abordagem cirúrgica foi feita através de laparotomia, sondagem retal para lavagem guiada de cólon menor e enterotomia para lavagem de conteúdo intestinal compactado.

Dois dias após a cirurgia do primeiro animal na variedade RB867515, o segundo animal apresentou sinais de cólica, com consumo individual de 2,1% PV. As sobras foram removidas antes do primeiro trato do dia e foi quantificado 4 Kg de matéria verde. Após avaliação local por veterinários da universidade foi encaminhado ao hospital de grandes animais. Durante o procedimento cirúrgico observou-se compactação de cólon menor, realizando-se laparotomia e sondagem retal para lavagem guiada.

O animal no clone RB058046 também desenvolveu sinais clínicos de cólica. Este animal apresentou consumo individual de 1,39%PV e 10 Kg de matéria verde em sobras no cocho. Além disso, foi observado comportamento de olhar o flanco e mordiscar. Devido a isso foi encaminhado ao hospital veterinário. Após avaliação clínica foi constatado que os sinais indicavam desconforto intestinal característico de abdômen agudo, contudo, apresentava menor severidade quando comparado aos outros animais. Com isso, este animal foi conduzido a baia nas instalações do hospital veterinário para observação.

O animal na variedade RB969017 também apresentou sinais clínicos de cólica. Seu consumo individual foi de 1,77% PV e foi observado no cocho 6 Kg de matéria verde de sobras. Após avaliação clínica foi constatado massa firme em região de cólon menor durante palpação retal. Contudo, não foi necessário procedimento cirúrgico, pois a massa compactada foi defecada naturalmente pelo animal após terapia de hidratação via enteral com auxílio de sonda nasogástrica e parenteral com administração de soro ringer lactato.

Os quatro animais permaneceram em baias no hospital veterinário de grandes animais para acompanhamento médico veterinário. Os animais nos tratamentos RB058046 e RB969017 receberam alta dois dias após encaminhamento ao hospital. Já os dois animais cirúrgicos do tratamento RB867515 permaneceram nas baias de observação por 18 dias para acompanhamento da recuperação pós-operatória. A evolução foi favorável em todos os casos.

Mesmo com todo o rigor no controle da qualidade da cana oferecida, pela remoção da palhada, trituração, idade adequada de corte através do IM, °Brix e Pol%, além do aumento do número de refeições/dia, não foi possível estabelecer dentre os materiais genéticos avaliadas um que apresentasse claras vantagens de sua aplicação para a alimentação de equinos em semelhantes condições experimentais.

Não foi possível estabelecer consumo seguro de cana-de-açúcar como volumoso exclusivo na dieta. Tendo em vista o acometimento de casos de cólica nos animais experimentais. Isto devido ao alto teor de lignina na composição química dos materiais genéticos utilizados no presente estudo que variaram de 200,5 a 232,1 g/kg MS, mesmo com a remoção da palhada. Azevêdo et al. (2003) observaram valores médios de lignina da cana-de-açúcar entre 58,1 a 74,9 g/kg MS para variedades de maturação precoce e intermediária. Já Fernandes et al. (2003b) observaram valores de lignina superiores ao relatado por Azevêdo et al. (2003) para variedades de maturação precoce e intermediária de 134,6 e 133,6 g/kg MS, respectivamente. Logo, observa-se que a composição química da cana-de-açúcar e, principalmente, o teor de lignina variam em função da variedade ou clone utilizado.

Além disso, os diferentes métodos analíticos para determinação da lignina também podem gerar valores distintos. Enquanto os métodos analíticos de lignina em detergente ácido (VAN SOEST, 1963) e lignina klason (THEANDER & WESTERLUND, 1986) se baseiam na hidrólise ácida dos demais componentes da parede celular, exceto a lignina, o método de permanganato de potássio se baseia na oxidação da lignina de forma direta através da ação da solução tampão e do permanganato de potássio (VAN SOEST & WINE, 1968).

Quanto a metodologia de lignina permanganato de potássio, observou-se valores superiores quando comparados aos métodos de hidrólise ácida (TRAXLER et al., 1998), o que pode ser explicado pelo fato da lignina ser potencialmente solúvel em solução de ácido sulfúrico à 72% (IIYAMA & WALLIS, 1990; HATFIELD et al., 1994). De acordo com Van Soest & Wine (1968) o método analítico de lignina permanganato de potássio apresenta valores mais próximos a realidade.

O seguinte cálculo descreve a quantidade média de lignina consumida pelos animais experimentais: considerando-se o menor consumo individual observado de 1,41% PV (para o clone RB058046) e peso médio de 385 Kg, calcula-se o consumo de matéria seca de 5,43 Kg de MS. Sendo que o teor de lignina referente ao clone RB058046 foi de 227,3 g/kg MS, ou seja de 22,7% de lignina na matéria seca.

Logo, a cana-de-açúcar apresenta fibra de baixa qualidade, não sendo adequada para espécie equina, uma vez que cerca de um quarto da matéria seca ingerida foi composta por lignina, fração da fibra que não sofre digestão enzimática e degradação microbiana (JUNG & ALLEN, 1995).

Além disso, ao utilizar o valor médio de energia digestível correspondente ao clone RB058046 de 2,57 Mcal/kg MS, observou-se com o consumo de matéria seca descrito acima, o fornecimento estimado de energia de 13,96 Mcal/kg MS. Valor superior à exigência de animais de semelhante peso vivo na categoria de manutenção de 12,82 Mcal/kg MS (NRC, 2007).

Quanto aos teores de proteína bruta, utilizando como referência para o mesmo consumo médio de MS (1,41% PV), peso vivo animal (385 Kg) e proteína bruta do clone RB058046 de 25,4 g/Kg MS, observou-se consumo de 137,92 g de PB/dia. Valor inferior quando comparado à exigência de proteína bruta para animais de mesma categoria de 485 g de PB/dia. Portanto, por meio deste cálculo, para apenas dois nutrientes. Observa-se que para este consumo de MS de cana a energia é extrapolada enquanto há déficit proteico, sendo necessária a suplementação. Neste caso a cana como volumoso exclusivo desequilibra os nutrientes da dieta, além de predispor a cólicas. Justificativas objetivas para o não uso como alimento volumoso exclusivo, mesmo com fornecimentos de 1,41% do PV animal.

Desta forma, propõem-se que o consumo de cana nunca ultrapasse 30% da dieta total consumida e seja sempre associado a outros volumosos de melhor composição de fibra. O manejo alimentar deve ser rigoroso nos seguintes aspectos: evitar o uso contínuo, controle do consumo de MS, associar com outros volumosos, animais devem ser manejados soltos, utilizado para categoria adultos em manutenção, oferecer a planta na melhor qualidade com a retirada da palhada.

Seguindo com o mesmo exemplo de PV médio de 385 Kg e adotando-se as recomendações (NRC, 2007) de consumo de matéria seca total de 1,8% do PV, para categoria animais em manutenção. Com inclusão de 30% de cana-de-açúcar como volumoso na dieta, o consumo será de 0,5% do PV, logo 2,0 kg de cana-de-açúcar na MS serão oferecidos. De forma prática, considerando-se o teor médio de MS das cultivares de 26%, a quantidade limite oferecida na matéria natural seria de 7,7 Kg de cana/ dia. Quantidade que deve ser fracionada.

Disponibilizando dessa forma 5,14 Mcal/ dia de ED proveniente da cana-de-açúcar, este valor representa aproximadamente 40% da ED necessária/dia. Com este manejo existe a possibilidade de equilibrar a dieta com outros alimentos.

Por fim, as recomendações do manejo alimentar com o uso da cana em dieta de equinos seguem restrições técnicas, que após este estudo, podem melhor orientar os técnicos e criadores de equinos.

5 CONCLUSÕES

A avaliação físico-químico das fezes não é suficiente para prever o aparecimento de casos de cólica equina. O fornecimento de cana-de-açúcar como volumoso exclusivo em dietas de equinos é contraindicado. Não foi possível identificar dentre os materiais genéticos de cana-de-açúcar um mais adequado para a alimentação de equinos.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, M.I.V.; FERREIRA, W.M.; ALMEIDA, F.Q.; JUST, A.S.; GONÇALVES, L.C.; REZENDE, A.S.C. Valor Nutritivo do Capim-Elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum), do Feno de Alfafa (*Medicago sativa*, L.) e do Feno de Capim Coast-cross (*Cynodon dactylon* (L.) Pers.) para Equinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.4, p.743-752, 1999.
- ARAÚJO, K.V.; LIMA, J.A.F.; FIALHO, E.T.; FRANCO, G.L. Avaliação de períodos de coleta total de fezes para determinar a digestibilidade aparente dos nutrientes em equinos. **Ciência e Agrotecnologia**, v.27, n.4, p.886-893, 2003.
- ARGENZIO, R.A.; LOWE, J.E.; PICKARD, D.W.; STEVENS, C.E. Digesta passage and water exchange in the equine large intestine. **American Journal of Physiology-Legacy Content**, v.226, n.5, p.1035-1042, 1974.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY – AOAC. **Official Methods of Analysis**. 16 ed. Arlington: AOAC International, p.1025, 2005.
- AZEVÊDO, J.A.G.; PEREIRA, J.C.; QUEIROZ, A.C.D.; CARNEIRO, P.C.S.; LANA, R.D.P.; BARBOSA, M.H.P.; FERNANDES, A.M.; RENNÓ, F.P. Composição químico-bromatológica, fracionamento de carboidratos e cinética da degradação in vitro da fibra de três materiais genéticos de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, n.32, v.6, p.1443-1453, 2003.
- BALSALOBRE, M.A.; FERNANDES, R.A.T.; SANTOS, P.M. Corte e transporte de cana-de-açúcar para consumo animal. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 1999, Piracicaba. **Anais do 7º simpósio sobre nutrição de bovinos**, Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1999. p. 7-27.
- BOURJADE, M.; HAUSBERGER M. Adult-Young Ratio, a Major Factor Regulating Social Behaviour of Young: A Horse Study. **Plos One**, v.4, n.3, 2009.
- BRIEGER, F.O. Início da safra. Como determinar a maturação. **Boletim Informativo Copereste**, Ribeirão Preto, v.4, número único, p.1-3, 1968.
- CAIRNS, M.C., COOPER, J.J., DAVIDSON, H.P.B. and MILLS, D.S. Association in horses of orosensory characteristics of foods with post-ingestive consequences. **British Society of Animal Science**, v.75, p.257-265, 2002.
- CLARKE, L. L.; ROBERTS, M. C.; ARGENZIO, R. A. Feeding and digestive problems in horses: Physiologic responses to a concentrated meal. **Veterinary Clinics of North America: Equine Practice**, v.6, n.2, p. 433-450, 1990.
- CLAUSS, M.; SCHIELE, K.; ORTMANN, S.; FRITZ, J.; CODRON, D.; HUMMEL, J.; KIENZLE, E. The effect of very low food intake on digestive physiology and forage digestibility in horses. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v.98, n.1, p.107-118, 2014.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB, **Observatório agrícola: Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar**. Safra 2019/2020, v.7, n.1, 2020.
- DAROS, E.; OLIVEIRA, R.A.; BARBOSA, G.V.S. **45 anos de materiais genéticos RB de cana-de-açúcar**. Editora Graciosa. 1.ed, 2015.

- De FOMBELLE, A.; JULLIAND, V.; DROGOUL, C. & JACOTOT, E. Feeding and microbial Disorders in horses: 1-Effects of an abrupt incorporation of two levels of barley in a hay diet on microbial profile and activities. **Journal of Equine Veterinary Science**, v.21, n.9, p.439-445, 2001.
- De FOMBELLE, A.; VARLOUD, M.; GOACHER, A. G.; JACOTOT, E.; PHILIPPEAU, C.; DROGOUL, C.; JULLIAND, V. Characterization of the microbial and biochemical profile of the different segments of the digestive tract in horses given two distinct diets. **Animal Science**, v.77, n.2, p. 293-304, 2003.
- DELOBEL, A.; FABRY, C.; SCHOONHEERE, N.; ISTASSE, L.; HORNICK, J. L. Linseed oil supplementation in diet for horses: Effects on palatability and digestibility. **Livestock Science**, v.11, p.15–21, 2008.
- DURAL, N. H., & HINES, A. L. Adsorption of water on cereal-bread type dietary fibers. **Journal of Food Engineering**, v.20, n.1, p.17–43, 1993.
- FERNANDES, A.M.; QUEIROZ, A.C.; PEREIRA, J.C.; LANA, R.P.; BARBOSA, M.H.P.; FONSECA, D.M.; DETMANN, E.; CABRAL, L.S.; PEREIRA, E.S.; VITTORI, A. Composição químico-bromatológica de materiais genéticos de cana-de-açúcar (*Saccharum spp L.*) com diferentes ciclos de produção (precoce e intermediário) em três idades de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.4, p. 977-985, 2003a.
- FERNANDES, A. M.; QUEIROZ, A. C. D.; PEREIRA, J. C.; LANA, R. D. P.; BARBOSA, M. H. P.; FONSECA, D. M. D.; DETMANN, E.; CABRAL, L.S.; PEREIRA, E.S.; VITTORI, A. Composição químico-bromatológica de variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum spp L.*) com diferentes ciclos de produção (precoce e intermediário) em três idades de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.4, p.977-985, 2003b.
- FERREIRA, W.M. Os componentes da parede celular vegetal na nutrição de não ruminantes. Simpósio Internacional de Produção de Não-Ruminantes. In: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1994, Maringá. **Anais da 31º Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, 1994. p.85-113.
- FIGUEIREDO, D.M.; ARAÚJO, K.V.; LIMA, J.A.F.; FIALHO, E.T.; MIYAGI, E.S.; Valores de Digestibilidade de Alimentos Volumosos para Equinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.4, p.766-722, 1999.
- FONNESBECK, P.V. Consumption and excretion of water by horses receiving all hay and hay-grain diets. **Journal of Animal Science**, v.27, p.1350-1356, 1968.
- GARCIA, J.A.S.; SILVA, J.F.C.; FONSECA, D.M.; CASTRO, A.C.G.; CECON, P.R. Cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*, L.) na ração de equinos em fase de crescimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.26, n.3, p.528-538, 1997.
- GODOI, F.N.; ALMEIDA, F.Q.; MIGON, E.X.F.; et al. Performance of eventing horses fed high fat diet. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.2, p.335-343, 2010.
- GONÇALVES, S.; LEBLOND, A.; DROGOUL, C.; et al. Using feces characteristics as a criterion for the diagnosis of colic in the horse: a clinical review of 207 cases. **Revue de Médecine Vétérinaire**, v.1, n.157, p.3-10, 2006.
- GRIMM, O.; VASSEUR, M.; JULLIAND, V. What faecal parameters differ depending on the horse diet? IN: Taste, Nutrition and health of the horse, 2016, Dijon. **8th European Workshop of Equine Nutrition proceedings**. 2016, p.40-42.

- HATFIELD, R.; FUKUSHIMA, R.S. Can Lignin Be Accurately Measured? **Crop Science**, v.45, n.3, p.832-839, 2005.
- HATFIELD, R. D.; JUNG, H. G.; RALPH, J.; BUXTON, D. R.; WEIMER, P. J. A comparison of the insoluble residues produced by the klason lignin and acid detergent lignin procedures. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.65, p.51-58, 1994.
- HARRIS, P.A.; COENEN, M.; GEOR, E.J. Controversial areas in equine nutrition and feeding management. In: **Equine applied and clinical nutrition health, welfare and performance**. Elsevier, 1.ed., cap. 26, p.456-465, 2013.
- HOFFMAN, R.M. Carbohydrate Metabolism in Horses. In: **Recent Advances in Equine Nutrition**. Ithaca, New York, 2003.
- HOFFMAN, R.M.; WILSON, J.A.; KRONFEL, D.S.; COOPER, W.L.; LAWRENCE, L.A.; SKLAN, D.; HARRIS, P.A. Hydrolizable carbohydrates in pasture, hay and horse feed: direct assay and seasonal variation. **Journal of Animal Science**, v.79, n.2, p. 500-506, 2001.
- HYDOCK, K.L.; NISSLEY, S.G.; STANIAR, W.B. A standard protocol for fecal pH measurement in the horse. **The Professional Animal Scientist**, n.30, p.643-648, 2014.
- IYAMA, K.; WALLIS, A. F. A. Determination of lignin in herbaceous plants by an improved acetyl bromide procedure. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.51, p.145-161, 1990.
- JANIS, C. The evolutionary strategy of the equidae and the origins of rumen and cecal digestion. **Evolution**, v.30, n.4, p.757-774, 1976.
- JANIS, C.M.; CONSTABLE, E.C.; HOUP, K.A.; STREICH, W.J.; CLAUSS, M. Comparative ingestive mastication in domestic horses and cattle: a pilot investigation. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v.94, n.6, p.402-409, 2010.
- JOHNSON, P.J.; FRANK, N.; GEOR, R.J.; BAILEY, S.R.; DURHAM, A.E. Equine Metabolic Syndrome. **Journal of Veterinary Internal Medicine**, v.24, p.467-475, 2010.
- JUNG, H.G.; ALLEN, M.S. Characteristics of plant cell walls affecting intake and digestibility of forages by ruminants. **Journal Animal Science**, v.73, n.3, p.2774-2790, 1995.
- LARANJEIRA, P.V.E.H. & ALMEIDA, F.Q. Síndrome cólica em equinos: ocorrência e fatores de risco. **Revista de Ciências da Vida**, n.28, p.64-78. 2009.
- LENTLE, R.G.; JANSSEN, P.W.M. Physical characteristics of digesta and their influence on flow and mixing in the mammalian intestine: a review. **Journal of Comparative Physiology B**, v.178, n.6, p.673-690, 2008.
- LEWIS, L.D. **Nutrição clínica equina**. São Paulo: Roca, 2000.
- LONGLAND, A.C.; BYRD, B.M.; Pasture Nonstructural Carbohydrates and Equine Laminitis1–3. **American Society for Nutrition**, v.136, p.2099-2102, 2006.
- LOPES, M.A.F.; JOHNSON, P.J. Large Intestinal Function. In: **The Equine Acute Abdomen**. Willey Blackwell, 3.ed., cap. 5, p.41-54, 2017.
- MACHADO, H.M. Efeitos de diferentes combinações de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* schum) e cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) sobre a digestibilidade em equinos utilizando diferentes metodologias de determinação. 1992. 71f. **Dissertação (Mestrado em Zootecnia)**. Universidade Federal de Viçosa, MG.

- MAGALHÃES, A.L.R.; CAMPOS, J.M.D.S.; CABRAL, L.D.S.; MELLO, R.; FREITAS, J.A.D.; TORRES, R.D.A.; VALADARES FILHO, S.D.C.; ASSIS, A.J.D. Cana-de-açúcar em substituição à silagem de milho em dietas para vacas em lactação: parâmetros digestivos e ruminais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.2, 591-599, 2006.
- MERRITT, A.M.; JULLIAND, V. Gastrointestinal physiology. In: **Equine applied and clinical nutrition health, welfare and performance**. Elsevier, 1.ed., cap. 1, p. 3-32, 2013.
- MEYER, H. **Alimentação de cavalos**. 2.ed. São Paulo: Varela, p. 303, 1995.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrients requirements of domestic horses**. 6.ed. Washington, D.C.: National Academy of Science, 2007.
- PAGAN, J.D. **Carbohydrates in equine nutrition**. *Feed Mix*, v.7, n.4, p.9-12, 1999.
- PARADIS, M.R. Normal Foal Nutrition. IN: In-Depth: Orphan foals-getting a good start in life, 2012, Anaheim. **American Association of Equine Practitioners Proceedings**, v.58, p.399,401.
- PEREIRA, J.C.; QUEIROZ, A.C. Digestibilidade aparente em equinos alimentados com capim elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum) e cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*, L.) em diversas combinações. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.26, n.1, p.105-110, 1997.
- PEREIRA, R. V. G. Cana-de-açúcar in natura ou hidrolisada com óxido de cálcio para equinos estabulados. 2014. 180f. **Tese (Doutorado em Zootecnia)** – UFMG, Belo Horizonte.
- POTTER, G.D.; ARNOLD, F.F.; HOUSEHOLDER, D.D.; HANSEN, D.H.; BROWN, K.M. Digestion of starch in the small or large intestine of the equine. **Pferdeheilkunde**, v.1, n.4, p.107-111, 1992.
- POTTY, V. H. Physio-chemical [physico-chemical] aspects, physiological functions, nutritional importance and technological significance of dietary fibres: A critical appraisal. **Journal of Food Science and Technology**, v.33, n.1, p.1-18, 1996.
- RALSTON, S.L. Controls of feeding in horses. **Journal of Animal Science** v.59, p.1354–1361, 1984.
- RASPER, V. F. Chemical and physical properties of dietary cereal fiber. **Food Technology**, v.33, p.40-44, 1979.
- REZENDE, A.S.C.; PEREIRA, R.V.G. Cana-de-açúcar: saiba quais são os prós e contras deste volumoso aos equinos. **Revista da Associação Brasileira dos Criadores do Cavalo Mangalarga Marchador**, n.73, p.74-78, 2012.
- RICHARDS, N.; HINCH, G.N.; ROWE, J.B. The effect of current grain feeding practices on hindgut starch fermentation and acidosis in the Australian Racing Thoroughbred. **Australian Veterinary Journal**, v.84, p.402-407, 2006.
- RIPOLI, T. C. C.; RIPOLI, M. L. C. **Biomassa de cana-de-açúcar: colheita, energia e ambiente**. Piracicaba: Barros & Marques Ed. Eletrônica, p.302, 2009.
- ROGUET, C., DUMONT, B.; PRACHE, S. Selection and use of feedings sites and feeding stations by herbivores: A review. **Annales de Zootechnie**, v.47, p.225-244, 1998.
- SCLAFANI, A. How a food preferences are learned – laboratory-animal models. **Proceedings of the Nutrition Society**, v.54, p.419-427, 1995.

- SHIRAZI-BEECHEY, S.P.; MORAN, A.W.; BATCHELOR, D.J.; DALY, K.; AL-RAMMAHI, M. Glucose sensing and signaling; regulation of intestinal glucose transport. **Proceedings of the Nutrition Society**, n.70, v.2, p.185–193, 2011.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos - métodos químicos e biológicos**. Viçosa, UFV: Imprensa Universitária, 3.ed.,p.235, 2006.
- SILVA, V.P.; ALMEIDA, F.Q.D.; PIMENTEL, R.R.M.; GODOI, F.N.D.; SANTOS, T.M.D.; PIRES, M.S. Passage kinetics of digesta in horses fed with coast-cross hay ground to different degrees. **Ciência e Agrotecnologia**, v.38, n.5, p.506-514, 2014.
- SOUZA, V. C.; MALAFAIA, P.; GRANJA-SALCEDO, Y. T.; VIEIRA, B. R.; GOMES, R. S.; COSTA, D. F. A.; NEGRÃO, J.A.; SHIMANO, A.C.; BERCHIELLI, T. T. Effects of phosphorus supplementation in high-grain diets on blood, chemical and physical parameters of bones of feedlot Nelore bulls. **Animal Production Science**, v.58, n.10, 2017.
- STUPIELLO, J.P. **A cana-de-açúcar como matéria-prima**. In: PARANHOS, S.B. Cana-de-açúcar: Cultivo e utilização. Fundação Cargill, v.2, p 759-804, 1987.
- THEANDER, O.; WESTERLUND, E. A. Studies on dietary fibre. 3. Improved procedures for analysis on dietary fibre. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v.34, p.330-336, 1986.
- TRAXLER, M. J.; FOX, D. G.; VAN SOEST, P. J.; PELL, A. N.; LASCANO, C. E.; LANNA, D. P. D.; MOORE, J. E.; LANA, R. P.; VÉLEZ, M.; FLORES, A. Predicting forage indigestible NDF from lignin concentration. **Journal of Animal Science**, v.76, p.1469-1480, 1998.
- VAN SOEST, P. J. Use of detergents in the analysis of fibrous foods. II. A rapid method for the determination of fibre and lignin. **Journal of the Association of Official Analytical Chemists**, v.46, p.829, 1963.
- VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. Cornell University Press, 2.ed. p.476, 1991.
- VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B. Systems of analysis for evaluating fibrous feeds. In: PIDGEN, W.J.; BALCH, C.C.; GRAHAM, M. **Standardization of analytical methodology for feeds**. Ottawa: International Development Research Centre, p.49-60, 1980.
- VAN SOEST, P. J.; WINE, R. H. The determination of lignin and cellulose in acid detergent fibre with permanganate. **Journal of the Association of Official Analytical Chemists**, v.52, p.780, 1968.
- VIDELA, R.; ANDREWS, F.M. New Perspectives in equine gastric ulcer syndrome. **Veterinary Clinics: Equine Practice**, v.25, n.2, p.283-301, 2009.
- VIEIRA, S. L. **Consumo e Preferência Alimentar dos Animais Domésticos**. 1 ed. Londrina: Phytobiotics Brasil. p.315, 2010.
- ZEYNER, A.; GEIBLER, C.; DITTRICH, A. Effects of hay intake and feeding sequence on variables in faeces and faecal water (dry matter, pH value, organic acids, ammonia, buffering capacity) of horses. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**. n.88, p.7-19, 2004.

CAPÍTULO II

AVALIAÇÃO *IN VITRO* DO POTENCIAL NUTRITIVO DE MATERIAIS GENÉTICOS DE CANA-DE-AÇÚCAR PARA ALIMENTAÇÃO DE EQUINOS

RESUMO

Avaliação *in vitro* do potencial nutritivo de materiais genéticos de cana-de-açúcar para alimentação de equinos.

A fermentação *in vitro* é uma técnica interessante na nutrição equina, sendo possível avaliar a degradação dos nutrientes. Objetivou-se avaliar o valor nutritivo de 4 materiais genéticos de cana-de-açúcar (CA) através da técnica de fermentação *in vitro*. Utilizou-se delineamento em blocos casualizados com medidas repetidas no tempo em esquema de parcelas subdivididas. O projeto foi aprovado pela CEUA-IZ: 0052052019. Os tratamentos foram os materiais genéticos RB867515, RB058046, RB098022, RB969017, feno de coast-cross (FCC) e capim elefante (CE). As subparcelas foram os tempos de incubação de 24 e 48 horas. Repetiu-se o ensaio quatro vezes (blocos) com tempo de incubação total de 48 horas. Três machos castrados foram utilizados como doadores de inóculo fecal. Avaliou-se a degradação da matéria seca (DMS), produção cumulativa de gases (PCG) e pH. A PCG foi ajustada a um modelo matemático bicompartimental pelos seguintes parâmetros: volume máximo de gases da fração dos nutrientes solúveis (Vf_1 ; mL/g de MS); Taxa de fermentação da fração dos nutrientes solúveis (C_1 ; h^{-1}) - C_1 ; *Lag phase* (L; h); Volume máximo de gases da fração dos nutrientes não solúveis (Vf_2 ; mL/g de MS) e Taxa de fermentação da fração de nutrientes não solúveis (C_2 ; h^{-1}). Os resultados foram avaliados pelo mixed procedure do SAS e as médias comparadas pelo teste LSD à 5%. No período de 24 horas, O FCC e CE apresentaram valores inferiores de DMS de 223,7mg/g MS e 245,8 mg/g MS quando comparado aos materiais genéticos de CA. No período de 48 horas, o FCC e CE apresentaram valores inferiores de DMS de 345,8 mg/g MS e 396,5 mg/g MS quando comparado aos materiais genéticos CA. Os materiais genéticos RB098022 e RB969017 apresentaram valores superiores de DMS de 518,6 mg/g MS e 540,1 mg/g MS em comparação os materiais genéticos RB867515 e RB058046 de 445,9 mg/g MS e 445,4 mg/g MS, respectivamente. Contudo, não diferiram entre si em 48 horas. Não houve diferença significativa de PCG para CA em 24 e 48 horas. O FCC e CE apresentaram valores inferiores de 41,84 mL/g MS e 26,94 mL/g MS em 24 horas, e 74,21 mL/g MS e 74,15 mL/g MS em 48 horas. No período de 24 horas, o FCC e CE apresentaram pH de 6,76 e 6,78, valores superiores aos observados para os materiais genéticos de CA. A variedade RB867515 apresentou pH de 6,53, valor superior ao observado nos materiais genéticos RB058046, RB098022 e RB969017 de 6,45, 6,42 e 6,43, respectivamente. No período de 48 horas, o FCC e CE apresentaram pH de 6,61 e 6,58, valores superiores aos observados para a CA. Não houve diferença significativa do pH para os materiais genéticos de CA em 48 horas. Os materiais genéticos de CA não diferiram entre si quanto aos parâmetros do modelo. A CA apresenta grande concentração de sacarose, este nutriente solúvel sofre rápido processo fermentativo gerando curva sigmoideal de gases. Inversamente, o FCC e CE foram compostos por maiores teores de FDN de 79,37% e 75,51%, respectivamente, conseqüentemente apresentaram ajuste de curva linear e lenta. Conclui-se que alimentos com alta concentração de carboidratos solúveis se ajustam corretamente ao modelo bicompartimental, contudo, não foi possível identificar um material genético de cana-de-açúcar que se destaque através da técnica de fermentação *in vitro*.

Palavras chave: Degradação, Modelo bicompartimental, Produção cumulativa de gases

ABSTRACT

***In vitro* sugar cane genetic materials' nutritive potential evaluation for horse feeding.**

The *in vitro* fermentation is an interesting technique in horse nutrition, being possible to evaluate the nutrients' degradation. The aim was to evaluate the nutritive value of 4 sugar cane (SC) genetic materials through *in vitro* fermentation technique. The project was approved by CEUA-IZ: 0052052019. A randomized block arrangement with repeated measures on split-plot design was used. The treatments were the genetic materials RB867515, RB058046, RB098022, RB969017, coast-cross hay (CCH) and elephant grass (EG). The subplot was the incubation time of 24 and 48 hours. The trials were repeated four times (blocks) with total incubation period of 48 hours. Three gelded males were used as fecal inoculum donors. The dry matter degradation (DMD), cumulative gas production (CGP) and pH were evaluated. The CGP was adjusted by a bicompartamental mathematic model for the following parameters: Maximum volume of gas production from soluble nutrients (V_{f1} ; mL/g DM); fermentation rate of soluble nutrients (C_1 ; h^{-1}); *Lag phase* – (L; h); Maximum volume of gas production from non-soluble nutrients (V_{f2} ; mL/g DM); fermentation rate of non-soluble nutrients (C_2 ; h^{-1}). The results were evaluated by mixed procedure of SAS and the mean values compared by LSD test at 5%. In 24 hours, the CCH and EG presented lower DMD values of 223,7 mg/g MS and 245,8 mg/g MS compared to the SC genetic materials. At 48 hours, CCH and EG presented lower DMS of 345,8 mg/g MS and 396,5 mg/g MS compared to the SC genetic materials. The genetic materials RB098022 and RB969017 presented higher DMD of 518,6 mg/g MS and 540,1 mg/g MS than the genetic materials RB867515 and RB058046 of 445,9 mg/g MS and 445,4 mg/g MS, respectfully. However, they did not differ in 48 horas. No significative difference of CGP was observed for SC in 24 and 48 hours. The CCH and EG presented lower CGP values of 41,84 mL/g MS and 26,94 mL/g MS in 24 hours and 74,15 mL/g MS and 74,15 mL/g MS in 48 hours. In 24 hours, the CCH and EG presented pH values of 6,76 and 6,78, higher values than observed to the SC genetic materials. The variety RB867515 presented pH of 6,53, higher than observed to the genetic materials RB058046, RB098022 and RB96907 of 6,45, 6,42 and 6,43, respectfully. At 48 hours, the CCH and EG presented pH of 6,61 and 6,58, higher than observed to SC genetic materials. No significative difference of pH was observed to the SC genetic materials in 48 hours. The SC genetic materials did not differ through the model parameters. The SC has high concentration of sucrose, this soluble nutrient suffers rapid fermentative process generating sigmoidal shape curve of gas. Inversely, the CCH and EG, composed by high NDF content of 79,37% and 75,51%, respectfully, consequently presented a slow and linear shape curve. Conclude that feed with high soluble carbohydrates content correctly adjust to a bicompartamental model, however, it was not possible to identify a genetic material of sugar cane that was highlighted through the *in vitro* fermentation technique.

Key words: Bicompartamental model, Cumulative gas production, Degradation

1 INTRODUÇÃO

A utilização da cana-de-açúcar na alimentação animal já é uma prática usual principalmente na alimentação de ruminantes. A cana-de-açúcar é um alimento que se destaca devido à alta concentração de carboidratos solúveis em sua composição. Fator de interesse na alimentação de equinos principalmente em períodos secos do ano, devido escassez de forragem.

Contudo, é necessária avaliação do valor nutritivo desse alimento previamente ao seu fornecimento na dieta de equinos. Tornando viável dessa forma, a aplicação de metodologias *in vitro*. Que por sua vez mimetizam o ambiente *in vivo* de forma laboratorial, avaliando a degradação do substrato incubado através da produção cumulativa de gases.

Contudo, para compreender forma cinética esse evento biológico, se faz necessário ajustes utilizando modelos matemáticos. Estes descrevem os eventos biológicos do metabolismo microbiano, contudo, o tipo de modelo a ser aplicado: unicompartmental ou bicompartimental, varia de acordo com o alimento de interesse.

Devido ao alto teor de carboidratos não fibrosos na composição química da cana-de-açúcar, os dados referentes a aplicação de técnicas *in vitro* podem ser melhor descritas através de um modelo bicompartimental, pois assumem a premissa da existência de dois compartimentos distintos no alimento.

Objetivou-se avaliar o valor nutritivo de materiais genéticos de cana-de-açúcar com potencial de uso na alimentação de equinos por meio da técnica semiautomática *in vitro* de produção de gases, contrastando com alimentos volumosos comumente utilizados no sistema de produção.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Técnica *in vitro* de produção de gases

As técnicas de fermentação *in vitro* são importantes métodos para avaliação do valor nutritivo dos alimentos de forma alternativa aos experimentos *in vivo*. A técnica permite avaliar a taxa e a extensão da degradação dos nutrientes dos alimentos, além da produção de gases proveniente da degradação microbiana (MURRAY et al., 2006a), replicando em laboratório os eventos naturais que ocorrem na câmara fermentativa dos animais.

Tilley & Terry (1963) foram os pioneiros na aplicação de técnicas *in vitro* na nutrição de ruminantes, desenvolveram método para determinar a digestibilidade da matéria seca *in vitro*. Entretanto, para aplicação adequada da técnica, era necessário proporcionar em sistema fechado condições similares as da câmara fermentativa. O método divide-se em duas fases: digestão com líquido ruminal e digestão com pepsina. Na primeira fase, a utilização de líquido ruminal é necessária para fornecimento de inóculo microbiano a fim de iniciar o processo de degradação do substrato, a temperatura do sistema deve ser constante em 39°C. Os frascos após inoculados devem estar hermeticamente fechados e saturados com CO₂ para garantir ambiente anaeróbico para os microrganismos presentes no inóculo. A presença de O₂ no interior dos frascos inviabilizam os microrganismos fibrolíticos que são majoritariamente anaeróbicos. Após selamento dos frascos, eles são agitados para homogeneização de seu conteúdo. O pH da solução deve se manter entre os limites de 6,7-6,9, valores diferentes a estes indicariam sobrecarga da capacidade tamponante do rúmen. Logo, a amplitude desejada do pH era mantida com adição de solução tampão previamente ao início da incubação. A segunda fase se baseava na digestão com adição de pepsina do resíduo degradado proveniente da primeira fase.

Diversos estudos foram desenvolvidos para melhor entender os processos fermentativos *in vitro* provenientes da metodologia de Tilley & Terry (1963). Theodorou et al. (1994) utilizaram técnicas *in vitro* para avaliar o valor nutritivo de alimentos para ruminantes. Além disso, avaliaram relação entre o tipo de substrato e o perfil da produção cumulativa de gases através da degradação dos nutrientes.

Apesar das diferenças observadas entre o trato digestivo de equinos e ruminantes, o metabolismo microbiano e seu papel na produção de AGV e energia através da fermentação dos alimentos na câmara fermentativa atuam de forma similar (JANIS, 1976). Isto é, o intestino grosso, mais especificamente ceco e cólon, compartimento onde ocorre maior parte da

fermentação microbiana em equinos tem função semelhante ao rúmen (JULLIAND et al., 2006). Com isso, buscou-se avaliar como seria a ação microbiana do trato gastrointestinal de equinos na avaliação nutricional dos alimentos através de técnicas de fermentação *in vitro*.

Contudo, para correta aplicação da técnica *in vitro* em equinos, foi necessário avaliar qual seria melhor fonte de inóculo para obtenção de resultados fidedignos aos observados *in vivo*. Lowman et al. (1996) utilizaram líquido cecal de cavalos fistulados ao invés do líquido ruminal como fonte de inóculo microbiano. Apesar das vantagens apresentadas na utilização de cavalos fistulados para estudos de nutrição, a fistulação é um procedimento cirúrgico invasivo.

Três anos após o experimento utilizando líquido cecal, Lowman et al. (1999) descreveram vantagens quanto a utilização das fezes equinas como fonte de inóculo microbiano, sendo elas: facilidade para coleta, são fontes diretas de microrganismos, não depende da utilização de animais fistulados, otimização do tempo pois pode-se coletar de vários animais em pouco tempo. De acordo com os autores, o uso das fezes se tornou uma alternativa viável em técnicas *in vitro* em relação a utilização do líquido cecal.

Murray et al. (2009) observaram que o perfil da produção cumulativa de gases provenientes de fezes de equinos apresenta similaridades quando comparados aquelas observadas quando se faz o uso do líquido cecal. Concluindo-se que as fezes têm se mostrado ótima fonte de inóculo além de poder ser utilizada como indicador da atividade microbiana do intestino grosso.

Apesar da aplicabilidade da utilização das fezes como fonte de inóculo, Murray et al. (2014) observaram superior tempo de reconhecimento de substrato (*Lag phase* ou *Lag time*) quando comparado a utilização de líquido cecal. Apesar da dificuldade em quantificar o número de microrganismos presentes na digesta ou nas fezes, a quantidade de inóculo utilizado é baseado no seu teor de matéria seca (LOWMAN, 1999). Murray et al. (2014) observaram que o adensamento das síbalas contribuem para manter o ambiente anaeróbico por mais tempo, favorecendo a sobrevivência dos microrganismos.

Julliand & Grimm (2016) relatam diferentes ecossistemas intestinais que compõem o microbioma dos compartimentos do intestino grosso. Assim sendo, observaram que a composição microbiológica das fezes apresenta superior similaridade com os seguimentos da porção distal do intestino grosso (cólon dorsal e cólon menor) em comparação a porção proximal (ceco e cólon ventral). Abrindo, portanto, questionamentos sobre a aplicabilidade do uso das fezes como fonte de inóculo fecal, devido ao fato da maior concentração de

microrganismos fibrolíticos se encontrarem na porção proximal (JULLIAND & GRIMM, 2016).

Apesar dos fatos constatados por Julliard & Grimm (2016) sobre as diferenças do microbioma fecal com microbioma da porção proximal do intestino grosso, estudos atuais (GARBER et al., 2018; FRANZAN et al., 2018; POWELL et al., 2020) mantiveram a utilização de fezes como inóculo fecal nos estudos de avaliação de alimentos para equinos. Franzan et al. (2018) observam que a produção de gases pode estar mais associada a capacidade fermentativa do microrganismo do inóculo em fermentar o substrato do que a concentração de microrganismos no inóculo fecal. Indicando dessa forma, que a utilização das fezes como fonte de inóculo é considerado uma alternativa viável.

Pellikann et al. (2019) observaram grande importância da avaliação dos processos fermentativos para a indústria de nutrição de equinos. De acordo com os autores, pode-se quantificar através de técnicas de fermentação *in vitro* a eficiência do fornecimento de alimentos com composições químicas distintas. Isto é, através da degradação microbiana do substrato, pode-se avaliar qual alimento e qual forma de processamento será mais adequada para o fornecimento aos equinos. Pois quanto maior os valores de degradação dos nutrientes de determinado alimento, maior é a produção de ácidos graxos voláteis e energia provenientes do metabolismo microbiano (MOORE-COLYER et al., 2002). O oposto também pode ser interpretado como resultado interessante, pois a menor degradação da fração fibrosa implica em um alimento com conteúdo fibroso de pior qualidade.

A busca por alimentos alternativos em períodos de escassez e a necessidade da avaliação de valor nutritivo para garantir a qualidade desse alimento é uma demanda crescente, alguns estudos buscaram avaliar o fornecimento cana-de-açúcar na nutrição de equinos (MACHADO, 1992; GARCIA, 1997; PEREIRA & QUEIROZ, 1997; FIGUEIREDO et al., 1999; ARAÚJO, 2003; PEREIRA, 2014). Entretanto, não realizaram avaliação do valor nutritivo desse alimento por meio de técnicas *in vitro* para nutrição equina.

Contudo, devido a cana-de-açúcar ser um alimento usual na alimentação de ruminantes, a sua avaliação através de técnicas *in vitro* foram realizadas (CABRAL et al., 2000; AZEVÊDO et al., 2003; FERNANDES et al., 2003a; CRUZ et al., 2010) (Tabela 1).

Tabela 1. Aplicação de técnicas de fermentação *in vitro* e ajuste do modelo para avaliação do valor nutritivo da cana-de-açúcar em estudos para ruminantes

Autores	Alimento	Parâmetros avaliados	Modelo
Cabral et al. (2000)	Cana-de-açúcar	PCG, DCNF, DFDN	Schofield et al. (1994)
Azevêdo et al. (2003)	Cana-de-açúcar	PCG, DEFDN	Schofield et al. (1994)
Fernandes et al. (2003a)	Cana-de-açúcar	PCG	Schofield et al. (1994)
Cruz et al. (2010)	Cana-de-açúcar	PCG	Schofield et al. (1994)

PCG = produção cumulativa de gases; DCNF = digestão dos carboidratos não fibrosos; DFDN = digestão da fibra em detergente neutro, DEFDN = degradação efetiva da fibra em detergente neutro.

Cabral et al. (2000) avaliaram as taxas de digestão dos carboidratos não-fibrosos (CNF) e da fração insolúvel em detergente neutro (FDN), por intermédio da técnica *in vitro* de produção de gases para as seguintes espécies forrageiras: capim-elefante, capim tifton-85, feno de alfafa e de capim coast-cross, as silagens de milho e sorgo e a cana-de-açúcar. Os autores observaram que alimentos com maior concentração de CNF em sua composição, apresentam maiores curvas de produção de gases, pois esses carboidratos são rapidamente utilizados para o crescimento dos microrganismos.

Já Azevêdo et al. (2003) avaliaram as variáveis de cinética de degradação dos carboidratos fibrosos (CF) e não-fibrosos (CNF) de três variedades de cana-de-açúcar SP80-1842, SP79-1011 e RB845257. Os autores por sua vez observaram que as diferenças bromatológicas presentes nas variedades de cana-de-açúcar principalmente os teores de °Brix e Pol% podem levar a volumes de produção de gases distintos.

Fernandes et al. (2003a) avaliaram a cinética da degradação *in vitro* dos carboidratos constituintes das variedades de cana-de-açúcar com diferentes ciclos de produção em três idades de corte. De acordo com os autores, as variedades de cana-de-açúcar precoces destacaram-se pela maior fração C e pelo menor teor de CNF, quando comparadas às variedades da cana-de-açúcar de ciclo de produção intermediário. Entretanto, a diferença da composição do fracionamento de carboidratos não gerou alteração na curva de produção de gases por eles observadas. Contudo, Cruz et al. (2010) observaram melhores resultados de cinética de produção de gases provenientes das variedades que apresentaram maiores maior teor CNF e NDT e menor fração C (SP79-1011 e Java).

Dessa forma, não fica claro se a composição química distinta dos materiais genéticos de cana-de-açúcar nesse estudo pode levar a resultados de cinética de produção de gases distintos. Com isso, se faz necessário da utilização da técnica de fermentação *in vitro* para identificar se existe alguma variedade que apresente maior valor nutritivo para a espécie equina.

2.2 Modelagem matemática aplicada à ensaios de digestão *in vitro*

A modelagem é uma técnica aplicada em diversas áreas do conhecimento. Spedding (1988) estabeleceu o seguinte conceito, a modelagem é a abstração e simplificação da realidade capaz de integrar as principais interações e comportamento do sistema estudado, apta a ser manipulada com o objetivo de prever as consequências da modificação de um ou de vários parâmetros sobre o comportamento do sistema.

De forma mais clara a modelagem matemática é caracterizada pela aplicação de equações matemáticas afim de simular um evento biológico, utilizando os dados provenientes de um determinado sistema para determinar uma resposta cinética. De acordo com Schofield et al. (1994), um parâmetro corresponde a resposta cinética, ou seja, a descrição dos dados em função do tempo.

A aplicação de modelos matemáticos teve grande impacto no estudo da nutrição animal por descrever eventos biológicos do metabolismo microbiano, principalmente os relacionados a degradação de nutrientes (ORSKOV, 2000; HYSLOP, 2006, SILVA et al., 2010; VIEIRA et al., 2012) e da cinética de produção de gases devido (FRANCE et al., 1993; SCHOFIELD et al., 1994; SCHOFIELD & PELL, 1995; GROOT et al., 1996, POWELL et al., 2020).

Os modelos ajustados através de parâmetros da cinética fermentativa podem ser utilizados em conjunto com os dados de degradação do substrato e da taxa de passagem. Sendo possível calcular a taxa de degradação do substrato através do intestino grosso. Com isso, através do modelo é possível obter informações relacionados a digestão e do valor nutritivo dos alimentos (POWELL et al., 2020).

Os modelos aplicados a nutrição animal foram inicialmente desenvolvidos para avaliar os processos de fermentação ruminal, como produção de gases e degradação dos nutrientes. Para isso, France et al. (1993) desenvolveram modelos matemáticos unicompartmentais.

Com a aplicação desse modelo foi possível analisar as variáveis: produção cumulativa de gases (mL/g de MS) e *Lag phase* (h). Contudo, os autores assumiram a premissa de que o substrato utilizado era homogêneo, isto é, a fração fibrosa do alimento não possuía composição química distinta. Implicando na taxa de fermentação exponencial, que por sua vez, não leva em consideração qualquer oscilação do processo biológico (PELL & SCHOFIELD, 1993).

Schofield et al. (1994) desenvolveram um modelo bicompartmental, partindo da premissa de que o processo fermentativo ocorria através da degradação de duas frações distintas do alimento vegetal, isto é, do conteúdo celular (nutrientes solúveis) e na fibra vegetal

(nutrientes não solúveis, mas potencialmente degradáveis). Além de uma abordagem mais ampla sobre a heterogeneidade do substrato à uma mesma curva, os autores sugeriram modelo na forma sigmoidal, isto é, aceita com maior precisão as inflexões na curva da produção de gases.

Quanto às variáveis provenientes da técnica de fermentação *in vitro*, observa-se naturalmente curva de forma sigmoidal, sendo composta por diferentes momentos: *Lag phase*, crescimento exponencial e fase assintótica (VIEIRA et al., 2008). A *Lag phase* ou fase de reconhecimento, com produção de gases baixas ou ausentes, caracterizada pelo período de adaptação, aderência a fibra e colonização microbiana. A fase exponencial refere-se a produção ascendente de gases caracterizada pelo maior período de degradação e, conseqüentemente, produção de gases. Por fim, a fase assintótica, com diminuição estável da produção de gases devido à redução da disponibilidade de substrato potencialmente degradável.

São inúmeros os critérios avaliados para melhor ajuste do modelo proposto para ensaios *in vitro*. Dentre eles os mais usados são análise da estimativa de verossimilhança além da informação do critério teórico (AICc). Quanto menor o valor de AICc melhor o ajuste do modelo, com menor valor residual entre os valores preditos pelo modelo e os valores observados no ensaio, logo maior verossimilhança ao modelo biológico (AKAIKE, 1974).

Contudo, existem alimentos que quando incubados *in vitro* apresentam curva de produção de gases “não convencionais” (POWELL et al., 2020). Isto é, apresentam inflexão da curva na fase de crescimento exponencial, do qual, modelos tradicionalmente utilizados são incapazes de prever. Mudanças no padrão de produção cumulativa de gases são justificáveis devido a diferença na composição química dos alimentos, isto é, aqueles solúveis e os insolúveis, mas potencialmente degradáveis. Havendo, portanto, a necessidade de modelos que tolerem em seu ajuste a bicompartimentalidade característica do alimento incubado (POWELL et al., 2020).

Conseqüentemente, a escolha de cada modelo é determinada principalmente pela composição do substrato utilizado (GROOT et al., 1996). Com isso, geram-se dúvidas sobre qual tipo de modelo que melhor se ajusta ao substrato a ser avaliado quando se pensa em aplicar técnicas de fermentação *in vitro* para a espécie equina.

Diversas equipes de pesquisa em nutrição equina aplicaram diferentes modelos matemáticos nos estudos *in vitro* (LOWMAN et al., 1999; MURRAY et al., 2006a, 2009, 2014; ELGHANDOUR et al., 2014; GARBER et al., 2018; FRANZAN et al., 2018; POWELL et al., 2020) (Tabela 2).

Tabela 2. Estudos relacionados a aplicação de técnicas de fermentação *in vitro*, fontes de inóculo, variáveis avaliadas e modelo matemático aplicado

Autores	Inóculo	Parâmetros avaliados	Modelo
Lowman et al. (1999)	FFD (1:1)	PCG	France et al. (1993)
Murray et al. (2006)	FFD (1:1)	PCG, DMS	France et al. (1993)
Murray et al. (2009)	FC	PCG, DMS	Groot et al. (1996)
Murray et al. (2014)	FF (1:1)	PCG	Groot et al. (1996)
Elghandour et al. (2014)	FFD (1:4)	PCG, DMS, pH	France et al. (1993)
Garber et al. (2018)	FF (2:1)	PCG, pH	Groot et al. (1996)
Franzan et al. (2018)	FFD (1:1; 1:3).	PCG, DMS, DMO, DFDN, pH	Schofield et al. (1994)
Powell et al. (2020)	FC	PCG	France et al. (1993)

FF = fezes frescas; FFD = fezes frescas diluídas; FC = fezes congeladas; PCG = produção cumulativa de gases; DMS = degradação da matéria seca; pH; DMO = degradação da matéria orgânica; DFDN = degradação da fibra em detergente neutro.

Observou-se na tabela acima que diversos modelos matemáticos foram aplicados em função dos diferentes alimentos e suas composições químicas, que podem se adequar ou não a um padrão monofásico.

Pesquisas foram realizadas avaliando o valor nutritivo da cana-de-açúcar na nutrição de ruminantes através de técnica de fermentação *in vitro* (CABRAL et al., 2000; AZEVÊDO et al., 2003; FERNANDES et al., 2003a; CRUZ et al., 2010). O modelo matemático bicompartimental (SCHOFIELD et al., 1994) foi utilizado em todos os ensaios. De acordo com Fernandes et al. (2003a), o ajuste da curva de produção cumulativa de gases em modelos bicompartimentais é adequado para alimentos com frações de nutrientes solúveis e não solúveis distintas.

Apesar do adequado ajuste ao modelo bicompartimental da cana-de-açúcar observada por Fernandes et al. (2003a), não se sabe se outras gramíneas de menor concentração de carboidratos não fibrosos quando comparados a cana-de-açúcar também se ajustariam ao modelo. Com isso, é necessário elucidar se alimentos de composição nutricional distintas podem ser ajustadas a mesmo modelo matemático bicompartimental em estudos que envolvam a utilização de inóculo fecal equino.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Local: O ensaio foi realizado no Laboratório de Pesquisas em Saúde Equina (EQUILAB) do Instituto de Veterinária e no Laboratório de Bromatologia do Instituto de Zootecnia na Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – UFRRJ, no município de Seropédica, Rio de Janeiro, Brasil. Este trabalho foi conduzido de acordo com as normas éticas e aprovado pelo Comitê de Ética para Experimentação Animal/Zootecnia – CEUA da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro com o número: 0052052019.

Desenho Experimental: O delineamento foi em blocos inteiramente casualizados com medidas repetidas no tempo em esquema de parcelas subdivididas. Foram avaliados 6 alimentos, sendo quatro materiais genéticos de cana-de-açúcar: RB867515; RB969017; clone RB098022 e clone RB058046, feno de coast-cross (*Cynodon dactylon* (L.) Pers.) e o capim elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum, var. Napier). As subparcelas foram representadas pelos tempos de incubação (24 e 48 horas) e suas interações. O ensaio foi repetido quatro vezes (blocos) com tempo de incubação total de 48 horas. A composição bromatológica dos alimentos utilizados no ensaio podem ser observadas na tabela 3.

Tabela 3. Composição bromatológica dos materiais genéticos de cana-de-açúcar RB867515, RB058046, RB098022 e RB969017, feno de coast-cross (FCC), capim elefante (CE) e concentrado farelado (CF)

Nutrientes (g/kg de MS)	Alimentos						
	RB867515	RB058046	RB098022	RB969017	FCC	CE	CF
MS	294,1	257,8	268,6	216,8	893,3	299,3	872,4
MM	30,5	32,7	30,6	43,8	61,9	62,1	69,9
P	0,577	0,878	1,048	1,834	1,702	6,626	8,723
EE	8,7	9,2	7,2	8,0	42,0	18,5	33,8
PB	25,3	25,4	33,0	52,9	46,4	73,1	246,7
FDN _c	539,8	527,0	463,8	449,4	793,7	755,1	265,9
FDA	285,9	286,8	277,3	246,2	400,1	494,4	98,7
Lig	232,1	227,3	221,9	200,5	180,8	89,4	68,3
Cel	53,8	59,5	55,4	45,7	219,2	405	30,4
Hem	253,9	240,1	186,6	203,2	393,7	260,7	167,1
CNF	395,7	405,7	465,4	445,9	56	2,7	383,7
EB (Kcal/kg MS)	4344	4190	4290	4105	4345	3506	4417
ED (Kcal/kg MS)	2550	2572	2728	2704	1799	1339	3020

MS = matéria seca; MM = matéria mineral; P = fósforo; EE = extrato etéreo; PB = proteína bruta; FDN_c = fibra em detergente neutro corrigida para cinzas; FDA = fibra em detergente ácido; Lig = lignina; Cel = celulose; Hem = hemiceluloses; CNF: Carboidrato não fibroso = 100 – (PB + FDN_c + EE + MM) (NRC, 2007); EB = Energia bruta; ED: Energia digestível = 2118 + 12,18 * %PB – 9,37 * %FDA – 3,83 * %HEM + 47,18 * %EE + 20,35 * %CNF – 26,3 * %MM (PAGAN, 1998).

Animais: Foram utilizados três equinos machos castrados adultos da raça Mangalarga Marchador, com peso corporal médio de 385 Kg como doadores de inóculo fecal. Os animais foram alimentados duas vezes ao dia, as 7 e as 13 horas, com 6,7 Kg de MS/dia com feno de coast-cross, 1,8 Kg de MS/dia de concentrado farelado e 50 g/dia de sal mineral totalizando consumo de 2,12% PV de acordo com as recomendações de exigência nutricional do NRC (2007).

Fermentação *in vitro*: Utilizou-se a técnica *in vitro* semiautomática de produção de gases descrita por Maurício et al. (1999). Em frascos calibrados de 160 mL foi inserido 1g dos referidos substratos, 90 mL de solução nutritiva e 10 mL de inóculo. Foram incubados 16 frascos para cada tratamento, totalizando 96 frascos/ bloco. Na noite anterior a inoculação, preparou-se a solução nutritiva segundo Theodorou et al. (1994). A solução nutritiva é composta pelos seguintes componentes: Solução tampão: NH_4CO_3 , NaHCO_3 ; Solução macromineral: $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$, KH_2PO_4 , $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$; Solução Micromineral: $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$; Meio B: Cisteína HCl; 1M NaOH, $\text{Na}_2\text{S} \cdot 9\text{H}_2\text{O}$; e solução resazurina como indicador de anaerobiose. Foi feita a redução da solução com CO_2 por 30 minutos. Os frascos foram preparados 12 horas antes da inoculação (FRANZAN et al., 2018) e mantidos a 4°C para evitar fermentação prévia. No dia seguinte, os frascos foram aquecidos em banho-maria a 39°C durante 2 horas a temperatura de 39°C . A coleta do inóculo foi feita diretamente da ampola retal dos animais as 7 horas da manhã. Para manter a temperatura do inóculo até chegada do laboratório foi utilizado garrafa térmica previamente aquecida a 39°C . Para o preparo da inoculação, foi feito homogeneização das fezes com a solução nutritiva na proporção de 1:1 (peso:peso) de acordo com Murray et al. (2006a). A homogeneização realizada utilizando liquidificador profissional com duração de 1 minuto com borrifação constante de CO_2 . Em seguida, filtrou-se o material em sacos de tecido de náilon 45μ e, com o auxílio de uma seringa, inseriu-se 10 mL de inóculo em cada frasco. Foi inserido CO_2 nos frascos antes de serem lacrados com tampas de borracha. Inseriu-se uma agulha em cada frasco para a retirada de qualquer pressão existente dentro dos frascos, posteriormente, retirando-as ao mesmo tempo para assim determinar o instante zero ou início do processo fermentativo. A leitura da pressão foi feita por meio de um transdutor (LOGGER AG100, Datalogger Universal) no intervalo de 1 até 48 horas. As leituras foram efetuadas nos seguintes tempos: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 27, 30, 33, 36, 39, 42, 45, 48 totalizando 26 observações. A cada leitura os frascos foram homogeneizados por meio de agitação manual. A pressão em psi (libra por polegada quadrada) foi convertida para volume por grama de MS por

meio da equação: $y = -0,07 + 3,79x + 0,077x^2$; proposta por Martins (2012), específica para as condições de experimentação de produção de gases realizadas no EQUILAB.

Determinação da degradação: A degradação da matéria seca (DMS), foi obtida com o resíduo do interior dos frascos ao final de cada fermentação nos tempos de 24, 48 horas de incubação. Após o término do tempo indicado os frascos foram retirados do banho maria e filtrados em cadinhos porosos de 1 mm (50mL). A degradação de MS em mg/g MS foi determinada pela diferença de peso do componente presente no substrato antes e após a fermentação.

Procedimento de mensuração do pH na solução residual: Após o final de cada ensaio de fermentação nos tempos de 24 e 48 horas de incubação foi avaliado o pH da solução residual de dois frascos por tratamento, com aparelho pHmetro previamente calibrado.

Ajuste de modelo: A produção cumulativa de gases das 4 repetições foi ajustada ao modelo bicompartimental proposto por Schofield et al. (1994), gerando as estimativas dos parâmetros do modelo:

$$V_t = V_{f1}/(1+\exp(2+4* C_1*(L-\text{tempo}))) + V_{f2}/(1+\exp(2+4* C_2*(L-\text{tempo})))$$

Em que:

V_t - volume total de gases (mL/g de MS);

V_{f1} - Volume máximo de gases da fração dos nutrientes solúveis (mL/g de MS);

C_1 - Taxa de fermentação da fração dos nutrientes solúveis (h^{-1});

L - *Lag phase* (h);

V_{f2} - Volume máximo de gases da fração dos nutrientes não solúveis (mL/ g de MS);

C_2 - Taxa de fermentação da fração de nutrientes não solúveis (h^{-1}).

Análises Bromatológicas: Os alimentos foram analisados para matéria seca (MS; AOAC, 2005) proteína bruta (PB; AOAC, 2005), extrato etéreo (EE; AOAC, 2005), energia bruta foi determinada através de bomba calorimétrica (EB; bomba calorimétrica Parr 1381, Parr Instruments Co., Moline, IL), cinzas (MM; AOAC, 2005), fibra em detergente neutro corrigido para cinzas (FDNc; VAN SOEST et al., 1991), fibra em detergente ácido (FDA, VAN SOEST et al., 1991), lignina analisada por oxidação com permanganato (VAN SOEST & ROBERTSON, 1980).

Análises Estatísticas: Os valores médios da produção cumulativa de gases, pH e DMS nos tempos de 24 e 48 horas e os parâmetros do modelo bicompartimental proposto por Schofield et al. (1994) foram avaliados através do Mixed Procedure do *software Statistical Analysis System* (Version 9.4, SAS®) e as médias comparadas pelo teste LSD, a 5% de probabilidade.

Quanto a convergência do modelo para melhor combinação de parâmetros, foram utilizados o critério de Akaike e a soma de quadrado de resíduos pelo PROC NLIN do *software Statistical Analysis System* (Version 9.4, SAS®).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A degradação da matéria seca (DMS) dos alimentos volumosos nos tempos de incubação de 24 e 48 horas podem ser observadas na tabela 4.

Tabela 4. Degradação da matéria seca (mg/g MS) nos tempos de incubação de 24 e 48 horas dos materiais genéticos de cana-de-açúcar RB867515, RB058046, RB098022, RB969017 e do feno de coast-cross (FCC) e capim elefante (CE)

Tempo de incubação	Alimentos volumosos						EPM	P valor
	RB867515	RB058046	RB098022	RB969017	FCC	CE		
24 h	445,9 ^B	455,4 ^B	518,6 ^A	540,1 ^A	223,7 ^C	245,8 ^C	0,02	<0,0001
48 h	516,9 ^B	538,2 ^{AB}	580,7 ^{AB}	613,8 ^A	345,8 ^C	396,5 ^C	0,02	<0,0001

Médias seguidas de letras diferentes na linha diferem entre si ($p < 0,05$) pelo teste LSD; Tratamento*Tempo = ns.

Observou-se diferença significativa na DMS de 24 horas ($p < 0,0001$). Observou-se no feno de coast-cross e o capim elefante os menores valores de degradação de 223,7 e 245,8 mg/g MS, respectivamente, e não diferiram entre si. Dentre os materiais genéticos de cana, a RB098022 e RB969017 não diferiram entre si e apresentaram os maiores valores de DMS em 24 horas de 518,6 e 540,1 mg/g MS, respectivamente. Os materiais genéticos RB867515, RB058046 apresentaram valores médios inferiores, entretanto, similares entre si de 445,9, 455,4 mg/g MS, respectivamente.

Observou-se diferença significativa na DMS no tempo de incubação de 48h ($p < 0,0001$). O feno de coast-cross e o capim elefante continuaram com valores inferiores de 345,8 e 396,5 mg/g MS quando comparado os materiais genéticos de cana-de-açúcar. Entre as canas-de-açúcar, a variedade RB969017 se destacou na degradação após 48 horas com valor de 613,8 mg/g MS, enquanto os clones RB058046 e RB098022 apresentaram valores médios de 538,2, 580,7 mg/g MS não diferindo significativamente dos demais materiais genéticos de cana-de-açúcar. Por fim, dentre os materiais genéticos, a RB867515 apresentou menor degradação após 48 horas de 516,9 mg/g MS.

Silva et al. (2010) utilizaram a técnica de degradação cecal *in situ*, para avaliar a DMS do feno de coast-cross. Os autores observaram valores de DMS do feno de coast-cross de 47,1% após 48 horas de incubação. Entretanto, o feno de coast-cross utilizado no experimento de Silva et al. (2010) apresentava teor de lignina de 24 g/kg MS, além de teor de proteína bruta de 119 g/kg MS. Demonstrando que o feno utilizado pelos autores tinha melhor qualidade nutricional quando comparado ao utilizado nesse estudo com teores de lignina de 180,8 g/kg MS e proteína bruta de 46,4 g/kg MS. Indicando que a composição química do feno, principalmente os teores

de lignina tem efeito direto sobre a DMS. A diferença na metodologia *in situ* também pode ter causado diferença na comparação dos teores de DMS.

Contudo, Franzan et al. (2018) avaliaram a DMS do feno de coast-cross hidratado nos períodos de 24 e 48 horas, observando valores de 302 mg/g MS e 389 mg/g MS, respectivamente, com valor de FDN de 737 g/kg MS. Os valores apresentados pelos autores foram similares aos observados nesse estudo, principalmente em função do teor de FDN de 793,7 g/kg MS.

Fernandes et al. (2003a) observaram menor potencial de DMS da cana-de-açúcar com o passar de sua idade fisiológica, devido aumento da proporção da fração C (fração indigerível da fibra) em relação à fração B₂ (fração potencialmente degradável). Apesar dos materiais genéticos no presente estudo possuírem mesma idade fisiológica, o mesmo raciocínio pode ser utilizado para explicar a diferença numérica na DMS da cana-de-açúcar. A variedade RB867515 que numericamente apresentou menores valores de DMS também conteve maiores teores de lignina em sua composição de 232,1 g/kg MS.

A amplitude do teor de lignina dos materiais genéticos utilizados no presente estudo de 200,7 à 232,1 g/kg MS é superior ao das variedades utilizadas por Azevêdo et al. (2003) que variou de 58,1 à 74,9 g/kg MS, para variedades de maturação precoce e intermediária, respectivamente. Fernandes et al. (2003b) também avaliaram os teores de lignina em variedades de maturação precoce e intermediária e observaram valores de 134,6 e 133,6 g/kg MS, respectivamente. Contudo, sabe-se que as variedades que compõe uma espécie vegetal possuem composição bromatológica distinta.

Além disso, os diferentes métodos analíticos para determinação da lignina também sendo eles: lignina em detergente ácido (VAN SOEST, 1963) e lignina klason ou ácido sulfúrico 72% (THEANDER & WESTERLUND, 1986) e lignina permanganato de potássio (VAN SOEST & ROBERTSON, 1980) também podem gerar valores distintos.

Entretanto, observou-se valores superiores no teor de lignina quando utilizado metodologia de permanganato de potássio em comparação aos métodos de hidrólise ácida (TRAXLER et al., 1998), o que pode ser explicado pelo fato da lignina ser potencialmente solúvel em solução de ácido sulfúrico à 72% (IYAMA & WALLIS, 1990; HATFIELD et al., 1994). De acordo com Van Soest & Wine (1968) o método analítico de lignina permanganato de potássio apresenta valores mais próximos a realidade.

De acordo com Jung & Allen (1995), nas forragens de gramíneas, as ligações de éster observadas entre a lignina e os carboidratos estruturais da planta não sofrem ação enzimática pelos microrganismos fibrolíticos, dificultando, portanto, a degradação da fibra.

A produção cumulativa de gases (PCG) nos tempos de incubação de 24 e 48 horas podem ser observados na tabela 5.

Tabela 5. Produção cumulativa de gases (mL/g MS) nos tempos de incubação de 24 e 48 horas dos materiais genéticos de cana-de-açúcar RB867515, RB058046, RB098022, RB969017 e, do feno de coast-cross (FCC) e capim elefante (CE)

Tempo de incubação	Alimentos volumosos						EPM	P valor
	RB867515	RB058046	RB098022	RB969017	FCC	CE		
24 h	119,62 ^A	133,13 ^A	137,52 ^A	147,4 ^A	41,84 ^B	26,94 ^B	12,9	<0,0001
48 h	163,17 ^A	174,18 ^A	180,71 ^A	193,42 ^A	74,21 ^B	74,15 ^B	11,9	<0,0001

Médias na linha seguidas de letras diferentes diferem entre si ($p < 0,05$) pelo teste LSD; Tratamento*Tempo = ns.

Foi observado diferença significativa ($p < 0,0001$) para PCG no tempo de incubação de 24 horas. Observou-se valores significativamente inferiores de 41,84 e 26,94 mL/g MS, para o feno de coast-cross e o capim elefante, respectivamente. Os materiais genéticos RB867515, RB058046, RB098022 e RB969017 não diferiram entre si com valores de 119,62, 133,13, 137,52 e 147,4 mL/g MS, respectivamente.

Observou-se diferença significativa ($p < 0,0001$) para PCG no tempo de incubação de 48 horas. Os valores médios permaneceram semelhantes apesar do aumento do período de incubação, isto é, observou-se valores inferiores para o feno de coast-cross e o capim elefante quando comparados aos materiais genéticos RB867515, RB058046, RB098022 e RB969017.

Franzan et al. (2018) observaram valores médios de PCG do feno de coast-cross de 50,6 mL/g MS e 64,2 mL/g MS nos tempos de 24 e 48 horas, respectivamente. Valores similares aos observados de 41,84 mL/g em 24 horas e MS e 74,21 mL/g MS em 48 horas. Podendo ser explicada devido à similaridade da composição bromatológica dos alimentos. Os autores observaram valores de FDN, FDA e CNF de 737, 359 e 15 g/kg MS, respectivamente. Valores próximos aos observados no presente estudo para os mesmos nutrientes de 793,7g/kg MS de FDN, 400,1 g/kg MS de FDA e 2,7 g/kg MS de CNF.

Observou-se teores de lignina de 180,8 e 89,4 g/ Kg MS para o feno de coast-cross e o capim elefante, respectivamente. Sabe-se que maiores teores de lignina têm impacto negativo sobre a degradação da matéria seca (JUNG & ALLEN, 1995). Além disso, observou-se os menores teores de carboidratos não fibrosos em sua composição de 56 e 2,7 g/ Kg MS, para o feno de coast-cross e o capim elefante respectivamente.

Murray et al. (2006b) observaram menores valores de produção de gases em alimentos com baixos teores de CNF. Corroborando com os menores valores de PCG observados no feno de coast-cross e capim elefante.

De acordo com Hoffman et al. (2001), os carboidratos não estruturais (CNE) são divididos em duas frações: a primeira chamada de carboidratos hidrolisáveis (CHO-H), como dissacarídeos, hexoses e amido de lenta e rápida digestão. A segunda, carboidratos não hidrolisáveis e rapidamente fermentescíveis (CHO-RF) como amidos resistentes, galacto e frutooligosacarídeos, e fibra solúvel, como é o caso das pectinas. Em equinos, os CHO-RF e os carboidratos da parede vegetal sofrem processo fermentativo no intestino grosso, sendo possível a fermentação daqueles CHO-H caso escapem da absorção pelo intestino delgado.

Este escape pode ocorrer devido a ingestão de grandes quantidades de CHO-H na dieta. Pensando na cana-de-açúcar que é composta basicamente por sacarose que é um CHO-H. Logo, fornecimento de grandes quantidades de sacarose pode sobrecarregar a capacidade enzimática de digestão da sacarase, diminuindo sua absorção no intestino delgado (HOFFMAN et al., 2001; De FOMBELLE et al., 2001, 2003; JULLIAND et al., 2006).

Segundo Theodorou et al. (1994), a produção cumulativa de gases tem correlação positiva com a degradação da matéria seca. Os resultados observados na produção cumulativa de gases e degradação da matéria seca seguiram esse padrão no presente trabalho. No período de 24 horas, os materiais genéticos de cana-de-açúcar apresentaram DMS que variam de 445,9 a 540,8g/kg MS e valores de PCG que variam de 119,6 a 147,4 mL/g MS. Já no tempo de incubação de 48 horas, foi observado aumento dos valores de DMS que variaram de 516,9 a 613,8 g/kg MS, refletindo no aumento da PCG de 163,2 a 193,4 mL/g MS.

Cabral et al. (2000) apresentaram volume total de gases da cana-de-açúcar em período de 72 horas de 194,2 mL/g MS. Apesar do maior tempo de fermentação, o valor observado foi similar aos valores observados nesse trabalho.

Cruz et al. (2010) observaram valores médios de produção cumulativa de gases de cinco variedades: Java, RB72454, RB765418, SP79-1011 e SP80-1842 nos períodos de 24 e 48 horas. No período de 24 horas, os valores variaram de 125,2 a 147,5 mL/g MS. Já no tempo de 48 horas os valores aumentaram e variaram de 167,2 a 202,1 mL/g MS.

De acordo com os autores, a distinta composição química das variedades de cana-de-açúcar foi suficiente para gerar diferenças significativa entre elas, e com isso, selecionar variedades com maiores produções cumulativas de gases. Entretanto, apesar das similaridades entre os valores com o presente experimento, não foi observada diferença significativa entre os

materiais genéticos utilizados. Para o presente estudo, os materiais genéticos possuíam qualidade similar devido as análises de IM, °Brix e Pol% realizadas justificando a menor variação de produção de gases.

Outro fator interessante, é a similaridade dos valores de produção de gases apesar das diferentes fontes de inóculo utilizadas (líquido ruminal, fezes frescas de equinos) reforçando dessa forma, a eficiência da utilização de fezes de equinos como fonte de inóculo para avaliar alimentos volumosos (SILVA et al., 2003).

Os altos teores de carboidratos não estruturais do alimento podem levar a alterações no pH intestinal (CLARKE et al., 1990). Logo, de acordo com Desrousseaux et al. (2012), o substrato fermentado em ensaios *in vitro* influencia diretamente o pH final do resíduo. Com isso, é necessário observar em ensaio *in vitro* valores de pH entre a amplitude 6,2 e 7,2, valores considerados normais para manutenção do processo fermentativo dos microrganismos em equinos (CLARKE et al., 1990).

Os valores de pH dos tratamentos nos tempos de incubação de 24 e 48 horas podem ser observados na tabela 6.

Tabela 6. Valores de pH nos tempos de incubação de 24 e 48 horas dos materiais genéticos de cana-de-açúcar RB867515, RB058046, RB098022, RB969017 e, do feno de coast-cross (FCC) e capim elefante (CE)

Tempo de incubação	Alimentos volumosos						EPM	P valor
	RB867515	RB058046	RB098022	RB969017	FCC	CE		
24 h	6,53 ^B	6,45 ^C	6,42 ^C	6,43 ^C	6,76 ^A	6,78 ^A	0,03	<0,0001
48 h	6,39 ^B	6,39 ^B	6,38 ^B	6,36 ^B	6,61 ^A	6,58 ^A	0,03	<0,0001

Médias na linha seguidas de letras diferentes diferem entre si (p<0,05) pelo teste LSD; Tratamento*Tempo = ns.

Quanto a variável pH, foram observadas diferenças significativas (p<0,0001) nos tempos de incubação de 24 e 48 horas. Dentre os materiais genéticos de cana-de-açúcar, observou-se maior pH de 6,53 na variedade RB867515. Observou-se valores de 6,45, 6,42 e 6,43 para os materiais genéticos RB058046, RB098022 e RB969017, respectivamente, não diferindo entre si. Observou-se menores valores de pH nos materiais genéticos de cana-de-açúcar quando comparados aqueles observados no feno de capim coast-cross e capim elefante de 6,76 e 6,78, respectivamente.

No tempo de incubação de 48 horas, observou-se queda dos valores de pH dos materiais genéticos RB867515, RB058046, RB098022 e RB969017 não diferindo entre si, com valores de 6,39, 6,39, 6,38 e 6,36, respectivamente. Além disso, os valores de pH observados para o

feno de capim coast-cross e capim elefante de 6,61 e 6,58, respectivamente, continuaram superiores aos dos materiais genéticos de cana-de-açúcar.

Ferro et al. (2017) observaram valores de pH através de parâmetros cinéticos de fermentação ruminal *in vitro* de silagem de cana de 6,65 após 96 horas de fermentação. Muito embora a silagem de cana-de-açúcar seja outro alimento quando comparado a cana-de-açúcar *in natura*, os teores de pH observados foram próximos aos observados neste trabalho.

Franzan et al. (2018) observaram valores de pH do feno de coast-cross após 72 horas de fermentação de 6,53. Valor próximo ao observado no presente estudo tendo em vista que o substrato coast-cross em seu experimento passou por processo fermentativo de 24 horas a mais que o descrito neste trabalho.

De acordo com De Fombelle et al. (2001), a queda do pH em estudos *in vitro* são indicativos do acúmulo de produtos do processo fermentativo como a produção de AGV e lactato.

Garber et al. (2018) observaram queda do pH inferiores a 6 com a utilização de inulina, polímero da frutose como substrato para a fermentação. De acordo com os autores, o fornecimento de dietas com altos teores de carboidratos não estruturais pode sobrecarregar a capacidade de tamponamento da solução de Theodorou et al. (1994). Devido ao rápido potencial fermentativo do substrato, os autores indicaram que alimentos com alto teor de fibra, como o feno de alfafa auxiliam na melhora da capacidade tamponante da solução *in vitro*.

Com isso, apesar da queda do pH observado nos materiais genéticos de cana-de-açúcar, os valores observados são considerados seguros dentro da amplitude fisiológica normal do pH no intestino grosso de 6,2 a 7,2 (CLARKE et al., 1990). Logo, observa-se a importância de se avaliar o pH em técnicas *in vitro* pois o objetivo da técnica é simular o processo fermentativo que ocorre no animal.

Para melhor entender o processo biológico gerado pelo estudo *in vitro*, se faz necessário a aplicação de modelos matemáticos, que explicarão de forma cinética os dados provenientes de um determinado sistema. Com isso, as produções cumulativas dos gases (n=4) dos distintos alimentos volumosos foram ajustadas ao modelo bicompartimental proposto Schofield et al. (1994) e os valores dos parâmetros do modelo podem ser observados na Tabela 7.

Tabela 7. Parâmetros do modelo bicompartimental dos materiais genéticos de cana-de-açúcar RB867515, RB058046, RB098022, RB969017 e, do feno de coast-cross (FCC) e capim elefante (CE) a partir das repetições (n=4)

Parâmetros	Alimentos volumosos						EPM	P valor
	RB867515	RB058046	RB098022	RB969017	FCC	CE		
Vf ₁ (mL/g MS)	50,38 ^C	56,67 ^{BC}	68,48 ^A	62,91 ^{AB}	18,87 ^D	----	3,924	<0,0001
C ₁ (h ⁻¹)	0,1826 ^B	0,2325 ^B	0,2531 ^B	0,2838 ^B	0,2323 ^B	6,4342 ^A	2,022	0,2292
L (h)	4,79 ^{BC}	4,83 ^{BC}	5,62 ^{BC}	4,08 ^C	7,45 ^B	12,14 ^A	1,053	0,0003
Vf ₂ (mL/g MS)	114,01 ^{AB}	116,20 ^{AB}	109,95 ^{BC}	129,75 ^A	64,53 ^D	93,39 ^C	9,798	<0,0001
C ₂ (h ⁻¹)	0,0303 ^{ABC}	0,0331 ^{AB}	0,0349 ^A	0,0328 ^{AB}	0,0209 ^C	0,0242 ^{BC}	0,004	0,0402

Médias na linha seguidas de letras diferentes diferem entre si ($p < 0,05$) pelo teste LSD; Vf₁ (mL/g MS) – volume máximo de gases da fração dos nutrientes solúveis; C₁ (h⁻¹) – taxa de fermentação da fração dos nutrientes solúveis; L (h) – *Lag phase*; Vf₂ (mL/g MS) – Volume máximo de gases da fração dos nutrientes não solúveis; C₂ (h⁻¹) – taxa de fermentação da fração de nutrientes não solúveis segundo modelo bicompartimental proposto Schofield et al. (1994).

Observou-se diferença significativa ($p < 0,0001$) no parâmetro Vf₁. Observou-se menor valor de Vf₁ para o feno de coast-cross quando comparados aos materiais genéticos RB867515, RB058046, RB098022 e RB969017. Os materiais genéticos RB867515 e RB098022 diferiram entre si com valores de 50,38 e 68,48 mL/g MS. Contudo, observou-se sombreamento entre os materiais genéticos RB058046 e RB969017 com valores de 56,67 e 62,91 mL/g MS, respectivamente. O efeito de sombreamento ocorreu devido ao estreito intervalo de produção de gases entre as quatro materiais genéticos. O valor observado referente ao capim elefante não apresentou valor biológico (valor negativo de -1,67) não se adequando a este parâmetro do modelo bicompartimental.

Azevêdo et al. (2003) observaram valores das variedades SP80-1842, RB845257 e SP79-1011 para parâmetro Vf₁ de 51, 56 e 73 mL/g MS, respectivamente. Estes valores por sua vez são similares aos observados neste trabalho.

Fernandes et al. (2003a) apresentaram valores médios para o parâmetro Vf₁ de 98,8 mL/g MS para variedades de ciclo de produção precoce e de 98,6 mL/g MS para variedades de ciclo de produção intermediário. Cruz et al. (2010) observaram valores superiores aos do presente trabalho para o parâmetro Vf₁ das variedades Java, RB72454, RB765418, SP79-1011 e SP80-1842 de 86,9, 79,9, 77,4, 85 e 80,6 mL/g MS, respectivamente.

De acordo com os autores, os teores de °Brix e Pol% além de menores concentrações de lignina em materiais genéticos de cana-de-açúcar auxiliam no maior volume de gases produzidos no parâmetro Vf₁. O clone RB098022 apresenta em sua composição bromatológica o maior teor de CNF de 465,4 g/ Kg MS, além de valores de °Brix de 21,4 e Pol% de 14,4. Logo, cada variedade de cana-de-açúcar tem características bromatológicas distintas, que

possuem efeito direto no volume de gases produzidos através da ação metabolismo microbiano sobre os nutrientes solúveis presentes no alimento incubado.

Quanto ao parâmetro C_1 não houve diferença significativa ($p=0,2992$) entre os tratamentos. Contudo, quando aplicado comparação de médias pelo teste LSD observou-se diferença no valor médio do capim elefante de $6,93 \text{ h}^{-1}$. Esse valor pode ser explicado porque os valores observados para as 4 repetições do ajuste do modelo de produção cumulativa de gases do capim elefante variaram de $-4,14$ a $15,77 \text{ h}^{-1}$, obtendo valor médio de $6,93$ e alta dispersão. Consequentemente, dadas as características bromatológicas do capim elefante (Tabela 1), foi observada baixa concentração de CNF ($2,7 \text{ g/ Kg MS}$) quando comparado aos demais alimentos. Justificando a menor produção cumulativa de gases, além da consequente falta de ajuste do modelo bicompartimental aos dados de produção de gases provenientes do alimento capim elefante.

Fernandes et al. (2003a) observaram valores similares aos descritos no presente estudo que variaram de $0,1822 \text{ h}^{-1}$ para variedades precoces e de $0,1847 \text{ h}^{-1}$ para variedades tardias. Azevêdo et al. (2003) observaram valores médios de $0,266$ a $0,311 \text{ h}^{-1}$. Cruz et al. (2010) observaram valores de $0,182$ a $0,220 \text{ h}^{-1}$. Os valores foram similares aos observados nesse estudo. Indicando que apesar dos diferentes teores de CNF dos materiais genéticos de cana-de-açúcar não houve alteração da taxa de degradação da fração dos nutrientes solúveis, uma vez que o substrato utilizado na degradação é homogêneo para todos os materiais genéticos, a sacarose.

Foi observado diferença significativa ($p=0,0003$) para o parâmetro L. Observou-se valor de 12,14 horas para o capim elefante que por sua vez, diferiu significativamente dos demais tratamentos. Apesar do valor numericamente superior observado no feno de coast-cross, não houve diferença significativa quando comparado aos valores de L referente os materiais genéticos RB867515, RB058046 e RB098022. De todos os volumosos, observou-se menor *Lag phase* na variedade RB969017 com valor de 4,08 horas.

Azevêdo et al. (2003) observaram valores de L de 3,4 e 3,5 h. Entretanto, na metodologia descrita no artigo, não releva o tipo de técnica utilizada e o intervalo de leitura de pressão. Cruz et al. (2010) por outro lado, utilizaram técnica semiautomática de produção de gases similar as do presente estudo. Os autores observaram valores que variaram de 5,42 a 6,11 h. Porém, o intervalo para a primeira leitura foi de 2 horas, sendo 1 hora a mais da primeira leitura quando comparado ao presente estudo, justificando dessa forma maiores valores de *Lag phase*.

De acordo com Murray et al. (2006a), alimentos com altos teores de carboidratos solúveis e rapidamente fermentescíveis, possuem efeito positivo no desenvolvimento dos microrganismos, levando a redução da *Lag phase*. Alimentos incubados com baixo teor de amido apresentaram *Lag phase* de 1,64 a 2,51 h, quando comparado a dietas ricas em amido com valores de 0,82 a 1,78 h (MURRAY et al., 2006b).

Wang et al. (2011) observaram que o aumento do período de *Lag phase* nos ensaios dificulta a utilização dos modelos para descrever a fermentação, pois após a modelagem os valores das estimativas podem não ser significativos biologicamente. Em um modelo que descreve volume da produção de gases, o tempo de *Lag phase* se torna irrelevante, pois durante esse período a produção é zero, entretanto, esse evento tem grande importância biológica e não pode ser descartado. Dessa forma, Powell et al. (2020) solucionaram esse impasse de ajuste de modelo adicionando na equação a subtração do tempo total de produção de gases pelo período de *Lag phase*, conseguindo quantificar o período de *Lag phase*, sem gerar dados não biológicos ao ajuste do modelo.

O parâmetro Vf_2 apresentou valores que diferiram significativamente ($p < 0,0001$) entre os tratamentos. Observou-se valor inferior de 64,53 mL/g MS para o feno de coast-cross quando comparado ao capim elefante e os 4 materiais genéticos de cana-de-açúcar. Enquanto foi observado maior volume de gases de 129,75 mL/g MS para a variedade RB969017 e menor volume de gases de 93,39 mL/g MS para o capim elefante. Contudo, não foi observado diferença significativa da variedade RB969017 quando comparado aos materiais genéticos RB867515, RB058046 com valores de 114,01 e 116,20 mL/g MS, respectivamente. Adicionalmente, o capim elefante não apresentou diferença significativa quando comparado ao clone RB098022 com valor de 109,95 mL/g MS.

Azevêdo et al. (2003) observaram valores de Vf_2 entre 108 a 114 mL/g MS para 3 variedades de cana-de-açúcar no seu estudo. Valores similares aos do presente estudo. Contudo, Fernandes et al. (2003a) observaram valores de Vf_2 para variedades de ciclo de maturação precoce e intermediário de 168,6 e 170,6 mL/g MS respectivamente. Cruz et al. (2010) apresentaram valores de Vf_2 que variaram de 117 a 147,1 mL/g MS.

De acordo com os autores, os valores superiores observados são provenientes do aumento do processo fermentativo da população microbiana devido inicialmente a rápida degradação dos carboidratos solúveis no primeiro momento da curva.

Por fim, observou-se diferença significativa entre os tratamentos para o parâmetro C_2 ($p = 0,0402$). Observou-se maior taxa de fermentação de nutrientes não solúveis para o clone

RB098022 de $0,0349 \text{ h}^{-1}$ que, por sua vez, não diferiu significativamente dos materiais genéticos RB867515, RB058046 e RB969017 com valores de $0,0303$, $0,0331$ e $0,0328 \text{ h}^{-1}$, respectivamente. Observou-se no feno de coast-cross menor taxa de fermentação de $0,0209 \text{ h}^{-1}$, que por sua vez não diferiu significativamente da variedade RB867515 e do capim elefante com $0,0303$ e $0,0242 \text{ h}^{-1}$, respectivamente.

Azevêdo et al. (2003) observaram valores médios do parâmetro C_2 de $0,027 \text{ h}^{-1}$ para as 3 variedades de cana-de-açúcar. Fernandes et al. (2003a) observaram valores similares aos de Azevêdo et al. (2003) de $0,023 \text{ h}^{-1}$ para ambas as variedades de ciclo produtivo precoce e intermediário. Cruz et al. (2010) observaram valores próximos dos outros estudos variando de $0,021$ a $0,023 \text{ h}^{-1}$. De acordo com os autores, a taxa de fermentação do conteúdo fibroso tende a ser mais lenta pois é necessário colonização inicial pelos microrganismos para iniciar o processo de degradação. Além da resistência que a lignina exerce sobre a degradação da fração presente no segundo compartimento do modelo.

As figuras a seguir representam os dados absolutos observados da produção cumulativa de gases (mL/g MS) e o ajuste do modelo bicompartimental proposto por Schofield et al. (1994) que representam os valores preditos.

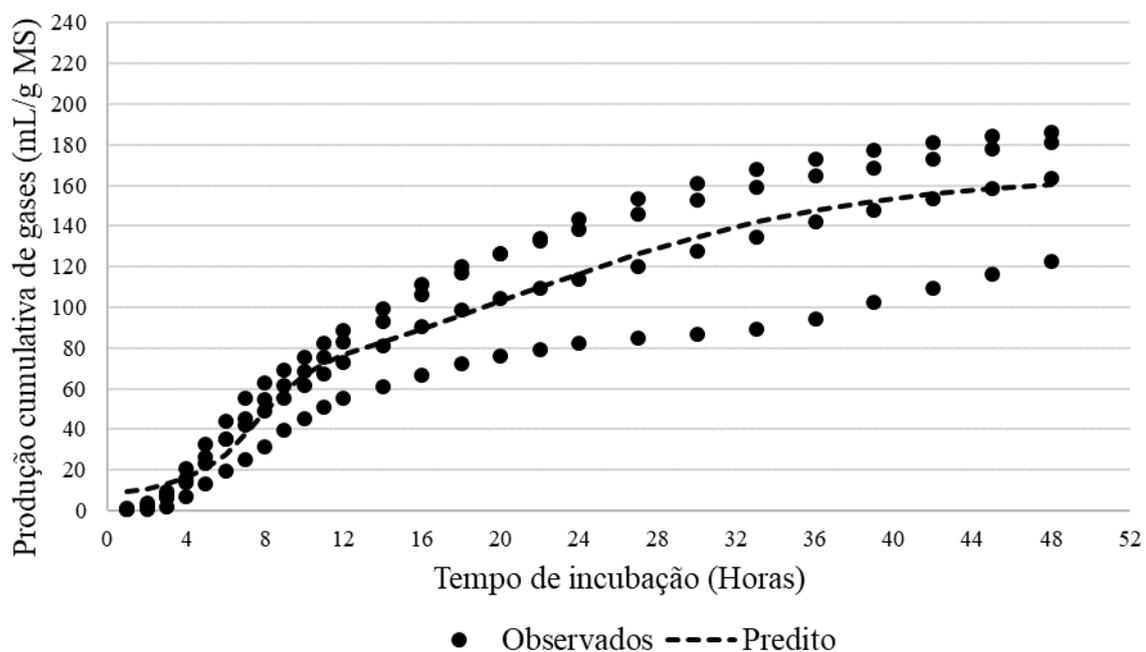


Figura 1. Curvas de produção cumulativa de gases (mL/g MS) observados da variedade RB867515 ($n=4$) e a predita pelo modelo bicompartimental (SCHOFIELD et al., 1994).

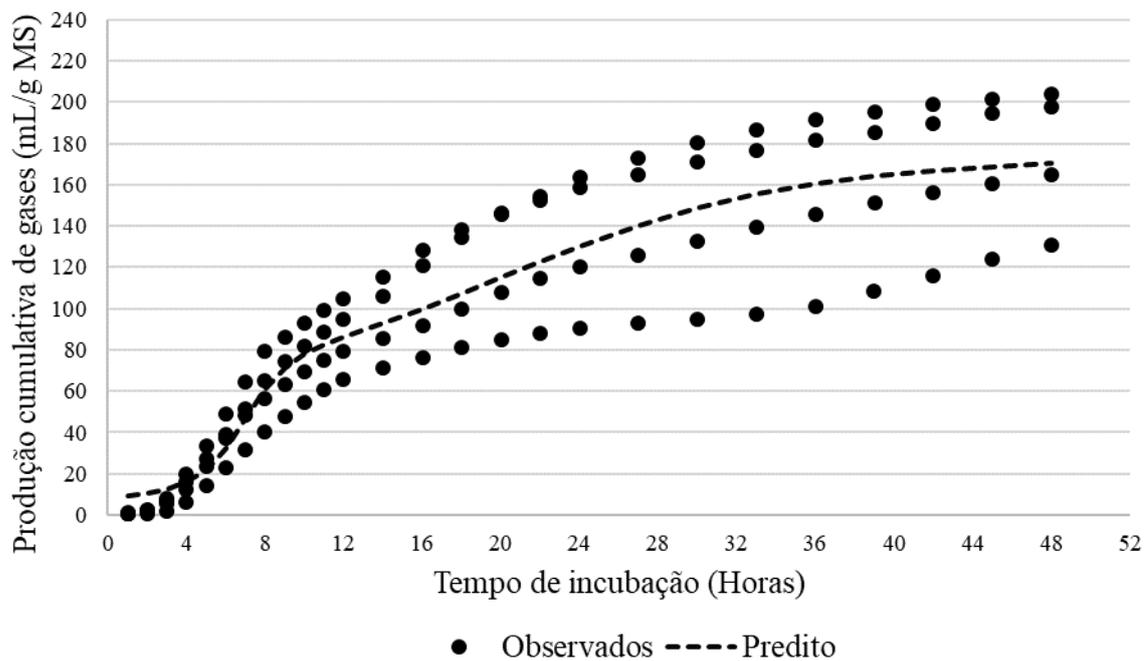


Figura 2. Curvas de produção cumulativa de gases (mL/g MS) observados do clone RB058046 (n=4) e a predita pelo modelo bicompartimental (SCHOFIELD et al., 1994).

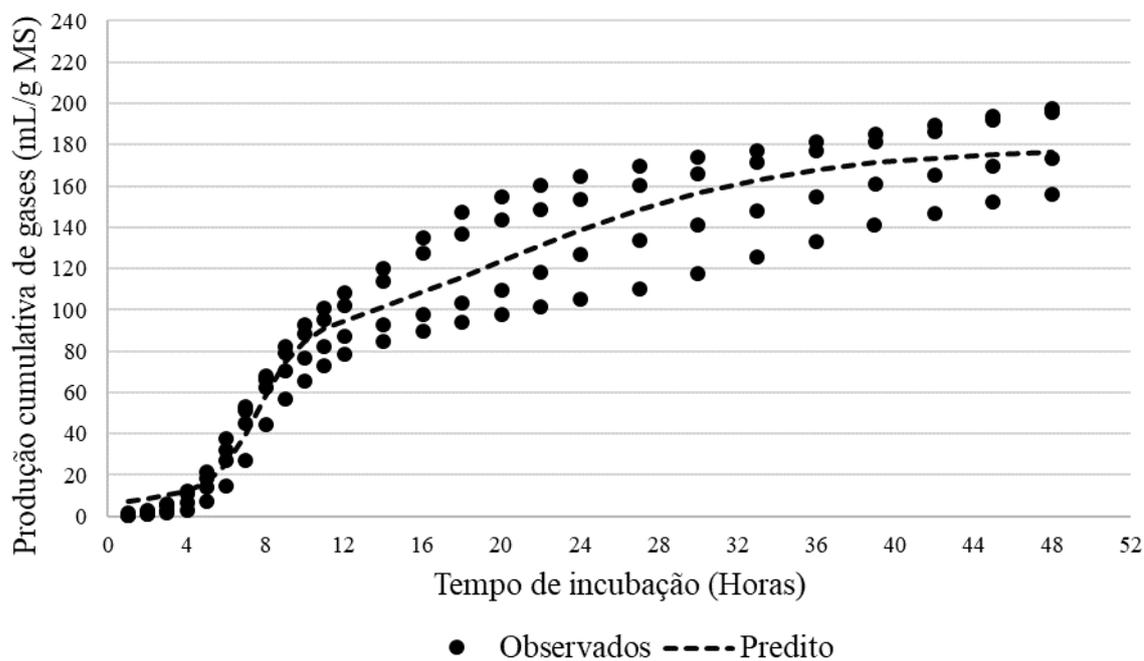


Figura 3. Curvas de produção cumulativa de gases (mL/g MS) observados do clone RB098022 (n=4) e a predita pelo modelo bicompartimental (SCHOFIELD et al., 1994).

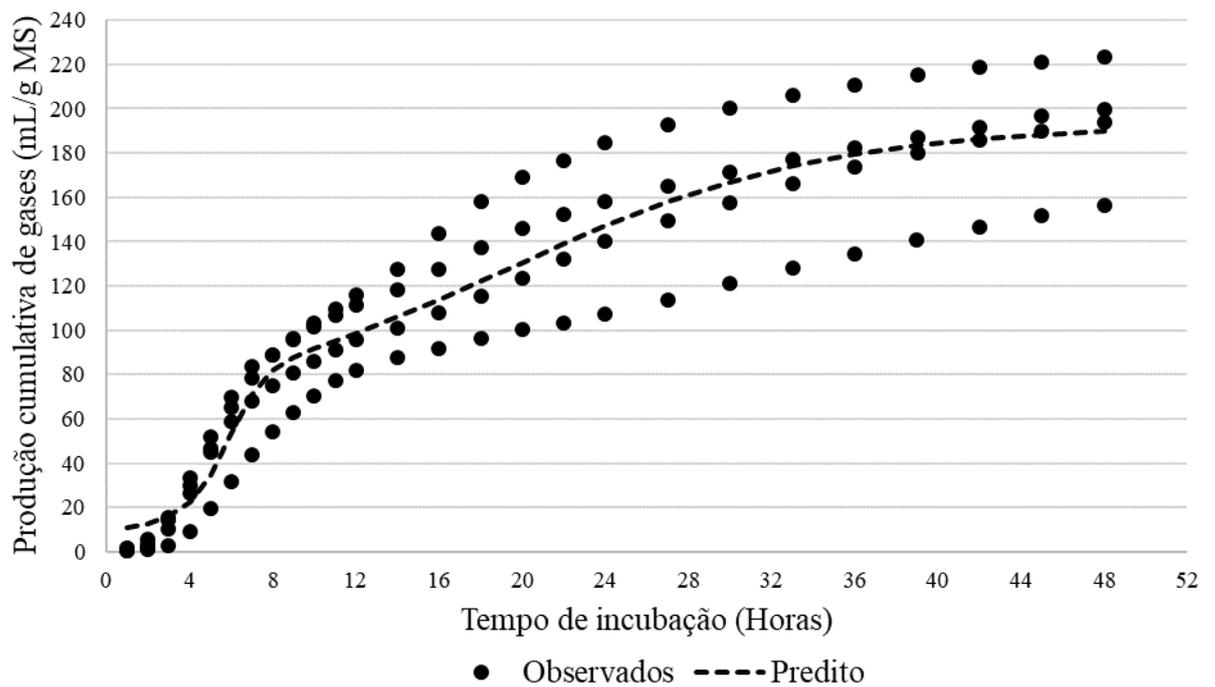


Figura 4. Curvas de produção cumulativa de gases (mL/g MS) observados da variedade RB969017 (n=4) e a predita pelo modelo bicompartimental (SCHOFIELD et al., 1994).

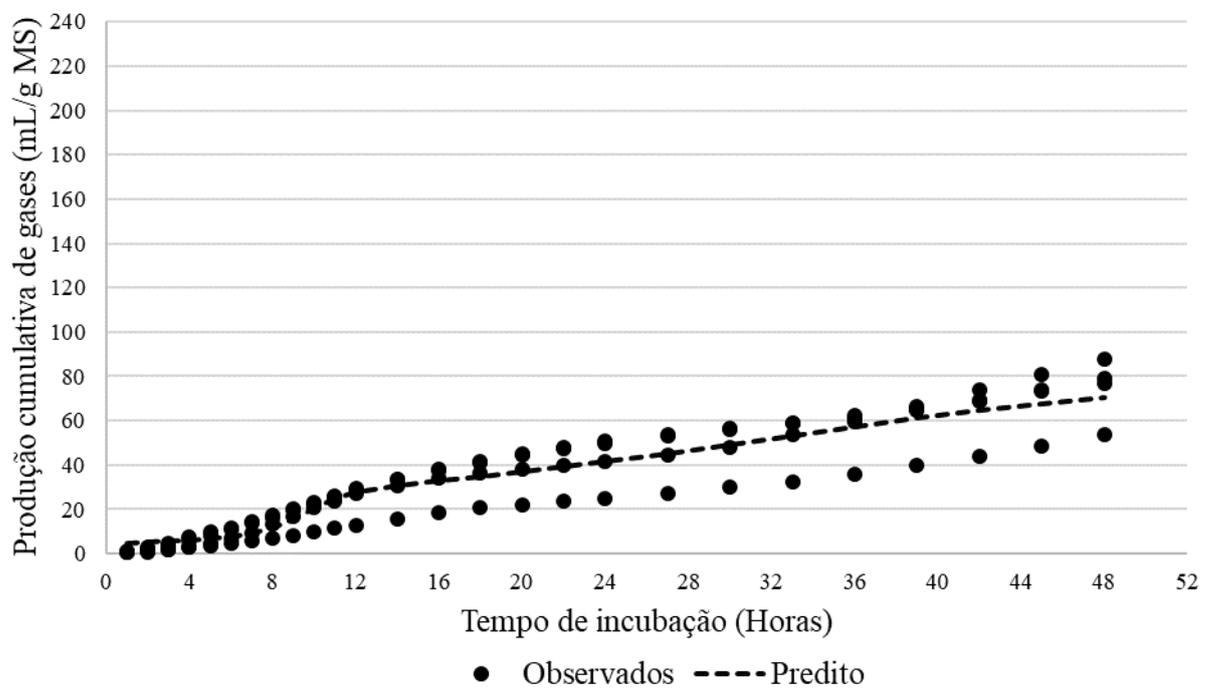


Figura 5. Curvas de produção cumulativa de gases (mL/g MS) observados do Fenó de Coast-cross (n=4) e a predita pelo modelo bicompartimental (SCHOFIELD et al., 1994).

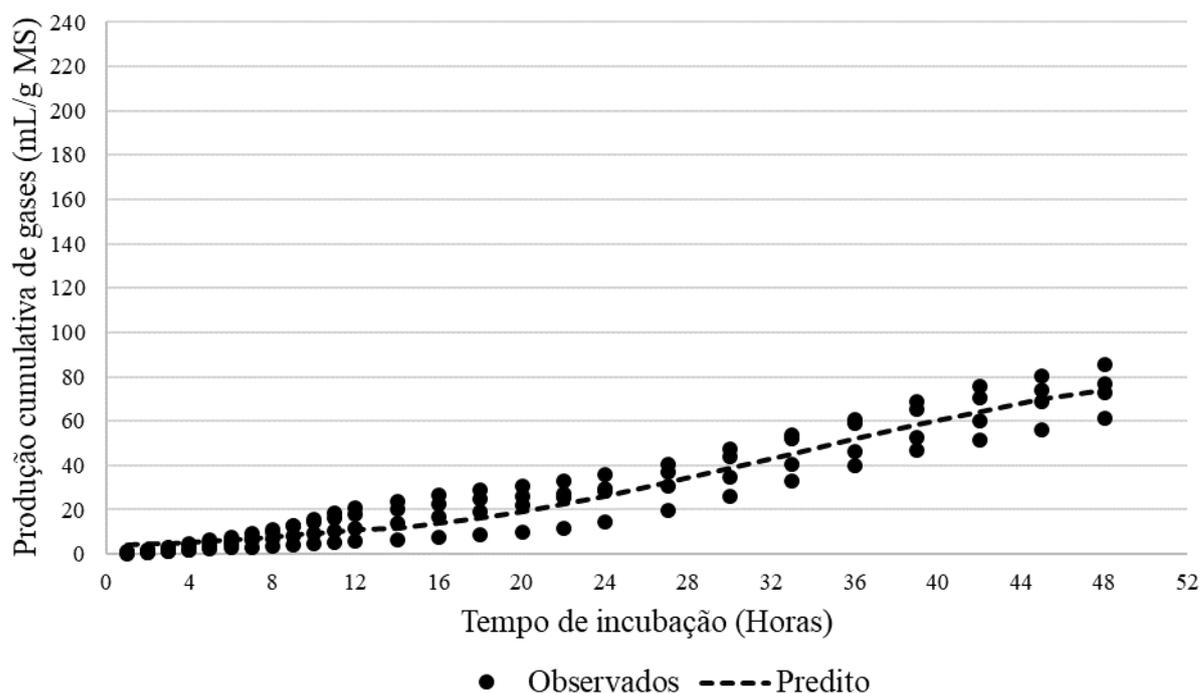


Figura 6. Curvas de produção cumulativa de gases (mL/g MS) observados do Capim Elefante (n=4) e a predita pelo modelo bicompartimental (SCHOFIELD et al., 1994).

Observa-se nas curvas de produção cumulativa de gases diferenças no volume total (mL/g MS) entre todos os tratamentos. Os 4 materiais genéticos de cana-de-açúcar apresentaram forma sigmoidal acentuada e atípica diferentemente das curvas observadas para o feno de coast-cross e o capim elefante.

De acordo com Powell et al. (2020), a forma de interpretação desse padrão atípico da curva se dá pela fermentação independente das frações do alimento quando incubados. A produção cumulativa de gases é a soma resultante dos gases provenientes dos carboidratos solúveis e dos insolúveis potencialmente degradáveis. Além disso, o padrão sigmoidal de curva observado é devido ao comportamento de crescimento exponencial em função das taxas elevadas de degradação dos carboidratos não fibrosos. Tal padrão de curva similar ao observado para a cana-de-açúcar, uma vez que possui predominante sacarose como carboidrato não fibroso, sendo rapidamente degradada pelos microrganismos.

Como resultado, observa-se reduzida *Lag phase* e, atinge-se em pouco tempo a taxa máxima de degradação, que por fim, atinge a inflexão da curva do primeiro compartimento de um modelo bicompartimental. Contudo, o padrão de curva referente ao segundo compartimento muda e, observa-se comportamento quadrático ou linear de menor taxa de fermentação. Nesta fase ocorre a degradação da fração fibrosa da cana-de-açúcar que corresponde aos teores de

FDN. Esta fração é de baixo potencial de degradação devido a presença de lignina. Após, a taxa de degradação decresce resultando no comportamento assintótico da curva.

Mesmo comportamento observado por Azevêdo et al. (2003). De acordo com os autores, ocorreu segunda *Lag phase* e de menor intensidade 12 horas após o estabelecimento da assíntota proveniente dos carboidratos solúveis. Apresentando curva de comportamento diáuxico, isto é, curva de crescimento caracterizada por apresentar duas etapas. A fermentação de distintas frações que compõem o alimento incubado ocorre simultaneamente. Enquanto os nutrientes solúveis são rapidamente fermentados levando a acentuada produção de gases no primeiro momento, a fermentação da fração fibrosa ainda se encontra em período de reconhecimento pelos microrganismos, levando a segunda *Lag phase* e, posterior fermentação da fração fibrosa no segundo momento da curva (POWELL et al., 2020). Este tipo de comportamento da curva de crescimento microbiano é muito comum quando há presença de nutrientes de natureza heterogêneas.

De acordo com Groot et al. (1996), após a incubação, os componentes solúveis são consumidos rapidamente e, em seguida, ocorre a mudança gradual para a fermentação da fração insolúvel potencialmente degradável. Powell et al. (2020) observaram este perfil aplicando modelo de France et al. (1993) com alteração Mitschelich simples, que assume que a taxa de degradação de cada fração do alimento varia com o tempo.

Conclui-se dessa forma que alimentos como a cana-de-açúcar de composição nutricional distinta quanto aos nutrientes solúveis e insolúveis se ajustam bem ao modelo bicompartimental. O mesmo não pode ser observado em relação ao feno de coast-cross e o capim elefante. O feno de coast-cross e o capim elefante apresentam 79,37 e 75,51% de FDN na MS, respectivamente. Nestes casos observou-se curva praticamente linear (unicompartimental) devido à presença de substrato homogêneo de lenta degradação não se ajustando, portanto, ao modelo bicompartimental proposto para as canas.

5 CONCLUSÕES

Apesar do correto ajuste ao modelo bicompartimental, não foi possível identificar através da técnica de fermentação *in vitro* um material genético de cana-de-açúcar que se destaque apesar de sua composição química distinta.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AI JASSIM, R.A.M.; ANDREWS, F.M. The bacterial community of the horse gastrointestinal tract and its relation to fermentative acidosis, laminitis, colic, and stomach ulcers. **Veterinary Clinics: Equine Practice**, n.25, v.2, p.199-215, 2009.

ARAÚJO, K.V.; LIMA, J.A.F.; FIALHO, E.T.; FRANCO, G.L. Avaliação de períodos de coleta total de fezes para determinar a digestibilidade aparente dos nutrientes em equinos. **Ciência e Agrotecnologia**, v.27, n.4, p.886-893, 2003.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY – AOAC. **Official Methods of Analysis**. 16 ed. Arlington: AOAC International, p.1025, 2005.

AZEVÊDO, J.A.G.; PEREIRA, J.C.; QUEIROZ, A.C.D.; CARNEIRO, P.C.S.; LANA, R.D.P.; BARBOSA, M.H.P.; FERNANDES, A.M; RENNÓ, F.P. Composição químico-bromatológica, fracionamento de carboidratos e cinética da degradação in vitro da fibra de três materiais genéticos de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.6, p.1443-1453, 2003.

CABRAL, L.S.; FILHO, S.C.V.; MALAFAIA, P.A.M.; LANA, R.P.; SILVA, J.F.C.; VIEIRA, R.A.M.; PEREIRA, E.S. Frações de carboidratos de alimentos volumosos e suas taxas de degradação estimadas pela técnica de produção de gases. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.6, p.2087-2098, 2000.

CLARKE, L. L.; ROBERTS, M. C.; ARGENZIO, R. A. Feeding and digestive problems in horses. Physiologic responses to a concentrated meal. **Veterinary Clinics of North America: Equine Practice**, v.6, n.2, p.433-450, 1990.

CRUZ, P.G.; FIGUEIREDO, M.P.; PEREIRA, L.G.; BERGAMASCHI, K.B.; RODRIGUES, C.S.; SOUZA, C.L.R. Fracionamento e cinética da fermentação ruminal in vitro dos carboidratos de cinco materiais genéticos de cana-de-açúcar. **Ciência Animal Brasileira**, v.11, n.4, p.84-93, 2010.

De FOMBELLE, A.; JULLIAND, V.; DROGOUL, C. & JACOTOT, E. Feeding and microbial Disorders in horses: 1-Effects of an abrupt incorporation of two levels of barley in a hay diet on microbial profile and activities. **Journal of Equine Veterinary Science**, v.21, n.9, p.439-445, 2001.

De FOMBELLE, A.; VARLOUD, M.; GOACHER, A. G.; JACOTOT, E.; PHILIPPEAU, C.; DROGOUL, C.; JULLIAND, V. Characterization of the microbial and biochemical profile of the different segments of the digestive tract in horses given two distinct diets. **Animal Science**, v.77, n.2, p.293-304, 2003.

ELGHANDOUR, M.M.Y.; CHAGOYÁN, J.C.V.; SALEM, A.Z.M.; KHOLIF, A.E.; CASTAÑEDA, J.S.M.; CAMACHO, L.M.; BUENDÍA, G. *In vitro* fermentative capacity of equine fecal inocula of 9 fibrous forages in the presence of different doses of *Saccharomyces cerevisiae*. **Journal of Equine Veterinary Science**, v.34, p.619–625, 2014.

FERNANDES, A.M.; QUEIROZ, A.C.; PEREIRA, J.C.; LANA, R.D.; BARBOS, 2010., M.H.; FONSECA, D.M.; DETMANN, E.; CABRAL, L.D.; PEREIRA, E.S.; VITTORI, A. Fracionamento e cinética da degradação in vitro dos carboidratos constituintes da cana-de-

açúcar com diferentes ciclos de produção em três idades de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.6, p.78-85, 2003a.

FERNANDES, A. M.; QUEIROZ, A. C. D.; PEREIRA, J. C.; LANA, R. D. P.; BARBOSA, M. H. P.; FONSECA, D. M. D.; DETMANN, E.; CABRAL, L.S.; PEREIRA, E.S.; VITTORI, A. Composição químico-bromatológica de variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp L.) com diferentes ciclos de produção (precoce e intermediário) em três idades de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.4, p.977-985, 2003b.

FERRO, M.M.; ZANINE, A.M.; CASTRO, W.J.R.; SOUZA, A.L. Cinética de fermentação ruminal *in vitro* de silagem de cana-de-açúcar com resíduo de cervejaria desidratado. **Archivos de Zootecnia**, v.66, n.254, p.237-242, 2017.

FRANCE, J.; DHANOA, M. S.; THEODOROU, M. K.; LISTER, S. J.; DAVIES, D. R.; ISAC, D. A model to interpret gas accumulation profiles with *in vitro* degradation of ruminant feeds. **Journal Theoretical Biology**, v.163, p.99-111, 1993.

FRANZAN, B. C.; FRANCO, T. W.; STEFANI, G.; PEREIRA, M. M.; ALMEIDA, F. Q. D.; SILVA, V. P. Equine fecal inoculum optimization in *in vitro* fermentation assays of dehydrated roughage. **Revista Brasileira de Zootecnia**, n.47, 2018.

FIGUEIREDO, D.M.; ARAÚJO, K.V.; LIMA, J.A.F.; FIALHO, E.T.; MIYAGI, E.S.; Valores de Digestibilidade de Alimentos Volumosos para Equinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.4, p.766-722, 1999.

GARBER, A.; HASTIE, P.M.; HANDEL, I.; MURRAY J.M. *In vitro* fermentation of different ratios of alfalfa and starch or inulin incubated with an equine faecal inoculum. **Livestock Science**, v.215, p.7-15, 2018.

GARCIA, J.A.S.; SILVA, J.F.C.; FONSECA, D.M.; CASTRO, A.C.G.; CECON, P.R. Cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*, L.) na ração de equinos em fase de crescimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.26, n.3, p.528-538, 1997.

GROOT, J. C.; CONE, J. W.; WILLIAMS, B. A.; DEBERSAQUES, F. M.; LANTINGA, E. A. Multiphasic analysis of gas production kinetics for *in vitro* fermentation of ruminant feeds. **Animal Feed Science and Technology**, v.64, n.1, p.77-89, 1996.

HATFIELD, R. D.; JUNG, H. G.; RALPH, J.; BUXTON, D. R.; WEIMER, P. J. A comparison of the insoluble residues produced by the klason lignin and acid detergent lignin procedures. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.65, p.51-58, 1994.

HOFFMAN, R.M.; WILSON, J.A.; KRONFEL, D.S.; COOPER, W.L.; LAWRENCE, L.A.; SKLAN, D.; HARRIS, P.A. Hydrolizable carbohydrates in pasture, hay and horse feed: direct assay and seasonal variation. **Journal of Animal Science**, v.79, n.2, p. 500-506, 2001.

HYSLOP, J. J. *In situ* and mobile bag methodology to measure the degradation profile of processed feeds in different segments of the equine digestive tract. **Livestock Production Science**, v. 100, p. 18-32, 2006.

IYAMA, K.; WALLIS, A. F. A. Determination of lignin in herbaceous plants by an improved acetyl bromide procedure. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.51, p.145-161, 1990.

JANIS, C. The evolutionary strategy of the equidae and the origins of rumen and caecal digestion. **Evolution**, n.30, p.757–774, 1976.

JULLIAND, V.; DE FOMBELE, A.; VARLOU, M. Starch digestion in horses: The impact of feed processing. **Livestock Science**, v.100, p.44–52, 2006.

JULLIAND, V.; GRIMM, P. The microbiome of the horse hindgut: History and current knowledge. **Journal of Animal Science**, v.94, n.6, p.2262-2274, 2016.

JUNG, H.G.; ALLEN, M.S. Characteristics of plant cell walls affecting intake and digestibility of forages by ruminants. **Journal Animal Science**, v.73, n.3, p.2774-2790, 1995.

LOWMAN, R.S., THEODOROU, M.L.; HYSLOP, M.S.; CUDDEFORD, D. Comparison of equine faeces or caecal digesta as sources of inoculum for *in vitro* fermentation studies using the pressure transducer technique. **Journal of Animal Science**, v.62, p.683-684, 1996.

LOWMAN, R.S., THEODOROU, M.L.; HYSLOP, M.S.; CUDDEFORD, D. Evaluation of an *in vitro* batch culture technique for estimating the *in vivo* digestibility and digestible energy content of equine feeds using equine faeces as the source of microbial inoculum. **Animal Feed Science and Technology**, v.80, p.11-27, 1999.

MACHADO, H.M. Efeitos de diferentes combinações de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* schum) e cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) sobre a digestibilidade em equinos utilizando diferentes metodologias de determinação. 1992. 71f. **Dissertação (Mestrado em Zootecnia)**. Universidade Federal de Viçosa, MG.

MARTINS, J. A. Suplementação Dietética de Equinos com Eletrólitos. (**Dissertação – Mestrado em Zootecnia**). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, Rio de Janeiro, Brasil, p.37, 2012.

MAURÍCIO, R. M.; MOULD, F.; DHANOA, M. S.; OWEN, E.; CHANNAA, K.S.; THEODOROU, M.K. A semi-automated *in vitro* gas production technique for ruminants feedstuff evaluation. **Animal Feed Science and Technology**, v. 79, p. 321-330, 1999.

MOORE-COLYER, M. J. S.; HYSLOP, J. J.; LONGLAND, A. C.; CUDDEFORD, D. The mobile bag technique as a method for determining the degradation of four botanically diverse fibrous feedstuffs in the small intestine and total digestive tract of ponies. **British Journal of Nutrition**, n.88, p.729–740, 2002.

MORGADO, E.S.; SILVA, V.P.; ALMEIDA, F.Q. Digestibilidade dos nutrientes de alimentos volumosos determinada pela técnica dos sacos móveis em equinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.1, p.82-89, 2009.

MURRAY, J.M.D.; LONGLAND, A.; MOORE-COLYER, M. *In vitro* fermentation of different ratios of high-temperature dried lucerne and sugar beet pulp incubated with an equine faecal inoculum. **Animal Feed Science and Technology**, v.129, p.89-98, 2006a.

MURRAY, J.M.D.; LONGLAND, A. C.; MOORE-COLYER, M.; DUNNETT, C. The effect of feeding a low- or high-starch diet on the *in vitro* fermentative capacity of equine faecal inocula. **Animal Science**, v.82, p.627–635, 2006b.

- MURRAY, J.M.D.; SCOTT, B.; HASTIE, P.M. Fermentative capacity of equine faecal inocula obtained from clinically normal horses and those predisposed to laminitis. **Animal Feed Science and Technology**, n.151, p.306-311, 2009.
- MURRAY, J.M.D.; MCMULLIN, P.; HANDEL, I.; HASTIE P.M. Comparison of intestinal contents from different regions of the equine gastrointestinal tract as inocula for use in an *in vitro* gas production technique. **Animal Feed Science and Technology**, v.187, p.98-103, 2014.
- ORSKOV, E. R. The *In situ* technique for the estimation of forage degradability in ruminants. In: GIVENS, D.I.; OWEN, E.; AXFORD, R. F.E.; OMED, H.M. **Forage evaluation in ruminant nutrition**. CABI Publishing , p.175-188, 2000.
- PAGAN, J. D. Measuring the digestible energy content of horse feeds. **Advances in Equine Nutrition**. ed. Nottingham, UK: Nottingham University Press. p.71-76, 1998.
- PELL, A. N & SCHOFIELD, P. Computerized monitoring of gas production to measure forage digestion *in vitro*. **Journal of Dairy Science**, v.76, n.4, p.1063-1073, 1993.
- PELLIKAAN, W.F.; VAN DER MOOLEN, K.; KUJAWA, T.; VAN DOORN, D. What is the potential of the *in vitro* gas production technique for the equine nutrition industry and the veterinarian?, 2019, Utrecht. IN: Small Things. **Proceedings of the 9th European Equine Health & Nutrition Congress (EEHNC)**, 2019. p.33-35.
- PEREIRA, J.C.; QUEIROZ, A.C. Digestibilidade aparente em equinos alimentados com capim elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum) e cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*, L.) em diversas combinações. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.26, n.1, p.105-110, 1997.
- PEREIRA, R. V. G. Cana-de-açúcar in natura ou hidrolisada com óxido de cálcio para equinos estabulados. 2014. 180f. **Tese (Doutorado em Zootecnia)** – UFMG, Belo Horizonte.
- POWELL, C.D.; DHANOA, M.S.; GARBER, A.; MURRAY, J.M.D.; LÓPEZ,S.; ELLIS, J.L.; FRANCE, J. Models Based on the Mitscherlich Equation for Describing Typical and Atypical Gas Production Profiles Obtained from *In Vitro* Digestibility Studies Using Equine Faecal *Inoculum*. **Animals**, v.10, n.308, p.1-19, 2020.
- SCHOFIELD, P.; PITT, R. E.; PELL, A. N. Kinetics of fiber digestion from *in vitro* gas production. **Journal of Animal Science**, v.72, p.2980-2980, 1994.
- SILVA, K.T.; SILVA, D.C.; SANTOS, G.T.; ALCALDE, C.R.; ZAMBOM, M.A.; MODESTO, E.C.; FURTADO, C.E. Utilização de fezes (equina ou bovina) em substituição ao líquido ruminal como fonte de inóculo para determinação da digestibilidade *in vitro* de alimentos para ruminantes. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v.25, n.2, p.355-391, 2003.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos - métodos químicos e biológicos**. Viçosa, UFV: Imprensa Universitária, 3.ed., p.235, 2006.
- SILVA, V.P.; ALMEIDA, F.Q.D.; MORGADO, E.D.S.; RODRIGUES, L.M.; SANTOS, T.M.D.; VENTURA, H.T. Degradação cecal *in situ* de alimentos volumosos em equinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.2, p.349-355, 2010.
- SPEDDING, C.R.W. General aspects of modelling and its application in livestock production. In: KORVER, S., VAN ARENDOK, J.A.M. (Eds). **Modelling of livestock production systems**. London: Kluwer Academic, p.3-13. 1988.

- THEANDER, O.; WESTERLUND, E. A. Studies on dietary fibre. 3. Improved procedures for analysis on dietary fibre. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v.34, p.330-336, 1986.
- THEODOROU, M. K.; WILLIAMS, B. A.; DHANOA, M.S.; MCALLAN, A.B.; FRANCE, J. A simple gas production method using a pressure transducer to determine the fermentation kinetics of ruminant feeds. **Animal Feed Science and Technology**, v.48, p.185-197, 1994.
- TILLEY, J.M.A., TERRY, R.A. A two-stage technique for *in vitro* digestion of forage crops. **Journal of British Grassland Society**, v.18, p.104-111, 1963.
- TRAXLER, M. J.; FOX, D. G.; VAN SOEST, P. J.; PELL, A. N.; LASCANO, C. E.; LANNA, D. P. D.; MOORE, J. E.; LANA, R. P.; VÉLEZ, M.; FLORES, A. Predicting forage indigestible NDF from lignin concentration. **Journal of Animal Science**, v.76, p.1469-1480, 1998.
- VAN SOEST, P. J. Use of detergents in the analysis of fibrous foods. II. A rapid method for the determination of fibre and lignin. **Journal of the Association of Official Analytical Chemists**, v.46, p.829, 1963.
- VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B. Systems of analysis for evaluating fibrous feeds. In: PIDGEN, W.J.; BALCH, C.C.; GRAHAM, M. (Eds.). **Standardization of analytical methodology for feeds**. Ottawa: International Development Research Centre, p.49-60, 1980.
- VAN SOEST, P. J.; WINE, R. H. The determination of lignin and cellulose in acid detergent fibre with permanganate. **Journal of the Association of Official Analytical Chemists**, v.52, p.780, 1968.
- VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. Cornell University Press, 2.ed. p.476, 1991.
- VIEIRA, R.A.M.; TEDESCHI, L.O.; CANNAS, A. A generalized compartmental model to estimate the fibre mass in the ruminoreticulum: 1. Estimating parameters of digestion. **Journal of Theoretical Biology**, v.255, n.4, p.345-356, 2008.
- VIEIRA, R.A.M.; CAMPOS, P.R.D.S.S.; SILVA, J.F.C.; TEDESCHI, L.O.; TAMY, W.P. Heterogeneity of the digestible insoluble fiber of selected forages *in situ*. **Animal Feed Science and Technology**, v.171, p.154-165, 2012.

CONCLUSÕES GERAIS

- O fornecimento de cana-de-açúcar como volumoso exclusivo é contraindicado mesmo para animais em manutenção.
- Somente o pH fecal não pode ser utilizado como indicador de cólica. Apesar de observados valores de pH que variaram dentro da amplitude fisiológica do intestino grosso considerada normal foram observados casos de cólica.
- A variedade RB867515 que causou cólica em dois animais, demonstrou menores valores de DMS em 48 horas, além de possuir maiores teores de lignina de 232,1 g/ Kg MS.
- Não foi possível destacar dentre os materiais genéticos de cana-de-açúcar o mais indicado para alimentação de equinos.
- Oferecimento de até 30% de cana-de-açúcar, em condições adequadas de maturação, como volumoso na dieta de equinos é alternativa interessante para o período de escassez de forragem para animais em manutenção e mantidos soltos.

APÊNDICE

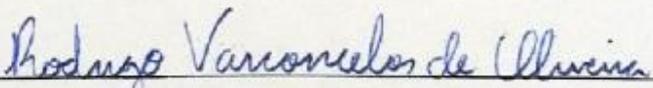


UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE ZOOTECNIA
COMISSÃO DE ETICA NO USO DE ANIMAIS – CEUA/IZ/UFRRJ

Declaração

Declaro que a atividade de pesquisa intitulada “**Cana de açúcar como volumoso exclusivo na alimentação de equinos.**” – processo nº 0052-05-2019 – coordenada pelo Prof Vinícius Pimentel Silva, está de acordo com as normas do uso de animais em atividades de ensino e pesquisa do CONCEA e foi aprovada na XXXVIII Reunião da CEUA/UFRRJ/IZ em 05 de Junho de 2019.

Seropédica, 06 de Junho de 2019



Prof. Dr. Rodrigo Vasconcelos de Oliveira

Coordenador da CEUA/IZ/UFRRJ

SIAPE: 2142739 DPA-IZ/UFRRJ

Prof. Rodrigo V. de Oliveira
DPA/IZ/UFRRJ
SIAPE: 2142739

Relatório da saída estatística - DMS

quinta-feira, 20 de fevereiro de 2020 17h33min06s 1

The Mixed Procedure

TEMP=24

Model Information	
Data Set	WORK.IMPORT
Dependent Variable	DMS
Covariance Structure	Compound Symmetry
Estimation Method	REML
Residual Variance Method	Profile
Fixed Effects SE Method	Model-Based
Degrees of Freedom Method	Between-Within

Class Level Information		
Class	Levels	Values
REP	4	1 2 3 4
ALIM	6	1 2 3 4 5 6

Dimensions	
Covariance Parameters	2
Columns in X	7
Columns in Z	0
Subjects	24
Max Obs per Subject	1

Number of Observations	
Number of Observations Read	24
Number of Observations Used	24
Number of Observations Not Used	0

Iteration History			
Iteration	Evaluations	-2 Res Log Like	Criterion
0	1	-58.87682608	
1	1	-58.87682608	0.00000000

Convergence criteria met but final Hessian is not positive definite.

Covariance Parameter Estimates	
Cov Parm	Estimate
CS	1.959E-6
Residual	0.001399

The Mixed Procedure

TEMP=24

Fit Statistics	
-2 Res Log Likelihood	-58.9
AIC (Smaller is Better)	-54.9
AICC (Smaller is Better)	-54.1
BIC (Smaller is Better)	-52.5

Null Model Likelihood Ratio Test		
DF	Chi-Square	Pr > ChiSq
1	0.00	1.0000

Type 3 Tests of Fixed Effects				
Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
ALIM	5	18	53.44	<.0001

Least Squares Means						
Effect	ALIM	Estimate	Standard Error	DF	t Value	Pr > t
ALIM	1	0.4459	0.01871	18	23.83	<.0001
ALIM	2	0.4554	0.01871	18	24.34	<.0001
ALIM	3	0.5186	0.01871	18	27.71	<.0001
ALIM	4	0.5401	0.01871	18	28.87	<.0001
ALIM	5	0.2237	0.01871	18	11.96	<.0001
ALIM	6	0.2458	0.01871	18	13.14	<.0001

Differences of Least Squares Means									
Effect	ALIM	ALIM	Estimate	Standard Error	DF	t Value	Pr > t	Adjustment	Adj P
ALIM	1	2	-0.00949	0.02646	18	-0.36	0.7239	Tukey	0.9991
ALIM	1	3	-0.07267	0.02646	18	-2.75	0.0133	Tukey	0.1139
ALIM	1	4	-0.09423	0.02646	18	-3.56	0.0022	Tukey	0.0231
ALIM	1	5	0.2222	0.02646	18	8.40	<.0001	Tukey	<.0001
ALIM	1	6	0.2001	0.02646	18	7.56	<.0001	Tukey	<.0001
ALIM	2	3	-0.06317	0.02646	18	-2.39	0.0281	Tukey	0.2122
ALIM	2	4	-0.08473	0.02646	18	-3.20	0.0049	Tukey	0.0477
ALIM	2	5	0.2317	0.02646	18	8.75	<.0001	Tukey	<.0001
ALIM	2	6	0.2096	0.02646	18	7.92	<.0001	Tukey	<.0001
ALIM	3	4	-0.02156	0.02646	18	-0.81	0.4259	Tukey	0.9610
ALIM	3	5	0.2948	0.02646	18	11.14	<.0001	Tukey	<.0001
ALIM	3	6	0.2727	0.02646	18	10.31	<.0001	Tukey	<.0001

The Mixed Procedure

TEMP=24

Differences of Least Squares Means									
Effect	ALIM	ALIM	Estimate	Standard Error	DF	t Value	Pr > t	Adjustment	Adj P
ALIM	4	5	0.3164	0.02646	18	11.96	<.0001	Tukey	<.0001
ALIM	4	6	0.2943	0.02646	18	11.12	<.0001	Tukey	<.0001
ALIM	5	6	-0.02212	0.02646	18	-0.84	0.4142	Tukey	0.9567

The Mixed Procedure

TEMP=48

Model Information	
Data Set	WORK.IMPORT
Dependent Variable	DMS
Covariance Structure	Compound Symmetry
Estimation Method	REML
Residual Variance Method	Profile
Fixed Effects SE Method	Model-Based
Degrees of Freedom Method	Between-Within

Class Level Information		
Class	Levels	Values
REP	4	1 2 3 4
ALIM	6	1 2 3 4 5 6

Dimensions	
Covariance Parameters	2
Columns in X	7
Columns in Z	0
Subjects	24
Max Obs per Subject	1

Number of Observations	
Number of Observations Read	24
Number of Observations Used	24
Number of Observations Not Used	0

Iteration History			
Iteration	Evaluations	-2 Res Log Like	Criterion
0	1	-56.47128832	
1	1	-56.47128832	0.00000000

Convergence criteria met.

Covariance Parameter Estimates	
Cov Parm	Estimate
CS	2.558E-6
Residual	0.001598

The Mixed Procedure

TEMP=48

Fit Statistics	
-2 Res Log Likelihood	-56.5
AIC (Smaller is Better)	-52.5
AICC (Smaller is Better)	-51.7
BIC (Smaller is Better)	-50.1

Null Model Likelihood Ratio Test		
DF	Chi-Square	Pr > ChiSq
1	0.00	1.0000

Type 3 Tests of Fixed Effects				
Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
ALIM	5	18	27.82	<.0001

Least Squares Means						
Effect	ALIM	Estimate	Standard Error	DF	t Value	Pr > t
ALIM	1	0.5169	0.02000	18	25.84	<.0001
ALIM	2	0.5382	0.02000	18	26.91	<.0001
ALIM	3	0.5807	0.02000	18	29.03	<.0001
ALIM	4	0.6138	0.02000	18	30.68	<.0001
ALIM	5	0.3458	0.02000	18	17.29	<.0001
ALIM	6	0.3965	0.02000	18	19.82	<.0001

Differences of Least Squares Means									
Effect	ALIM	ALIM	Estimate	Standard Error	DF	t Value	Pr > t	Adjustment	Adj P
ALIM	1	2	-0.02130	0.02829	18	-0.75	0.4612	Tukey	0.9720
ALIM	1	3	-0.06371	0.02829	18	-2.25	0.0370	Tukey	0.2632
ALIM	1	4	-0.09681	0.02829	18	-3.42	0.0030	Tukey	0.0307
ALIM	1	5	0.1711	0.02829	18	6.05	<.0001	Tukey	0.0001
ALIM	1	6	0.1205	0.02829	18	4.26	0.0005	Tukey	0.0054
ALIM	2	3	-0.04241	0.02829	18	-1.50	0.1512	Tukey	0.6691
ALIM	2	4	-0.07551	0.02829	18	-2.67	0.0156	Tukey	0.1309
ALIM	2	5	0.1924	0.02829	18	6.80	<.0001	Tukey	<.0001
ALIM	2	6	0.1418	0.02829	18	5.01	<.0001	Tukey	0.0011
ALIM	3	4	-0.03310	0.02829	18	-1.17	0.2573	Tukey	0.8451
ALIM	3	5	0.2348	0.02829	18	8.30	<.0001	Tukey	<.0001
ALIM	3	6	0.1842	0.02829	18	6.51	<.0001	Tukey	<.0001

The Mixed Procedure

TEMP=48

Differences of Least Squares Means									
Effect	ALIM	ALIM	Estimate	Standard Error	DF	t Value	Pr > t	Adjustment	Adj P
ALIM	4	5	0.2679	0.02829	18	9.47	<.0001	Tukey	<.0001
ALIM	4	6	0.2173	0.02829	18	7.68	<.0001	Tukey	<.0001
ALIM	5	6	-0.05064	0.02829	18	-1.79	0.0903	Tukey	0.4956

Relatório da saída estatística - PCG

quinta-feira, 20 de fevereiro de 2020 17h23min58s 1

The Mixed Procedure

Temp=24

Model Information	
Data Set	WORK.IMPORT
Dependent Variable	Gas
Covariance Structure	Compound Symmetry
Estimation Method	REML
Residual Variance Method	Profile
Fixed Effects SE Method	Model-Based
Degrees of Freedom Method	Between-Within

Class Level Information		
Class	Levels	Values
Rep	4	1 2 3 4
Alim	6	1 2 3 4 5 6

Dimensions	
Covariance Parameters	2
Columns in X	7
Columns in Z	0
Subjects	24
Max Obs per Subject	1

Number of Observations	
Number of Observations Read	24
Number of Observations Used	24
Number of Observations Not Used	0

Iteration History			
Iteration	Evaluations	-2 Res Log Like	Criterion
0	1	176.31594831	
1	1	176.31594831	0.00000000

Convergence criteria met.

Covariance Parameter Estimates	
Cov Parm	Estimate
CS	661.06
Residual	0.9985

The Mixed Procedure

Temp=24

Fit Statistics	
-2 Res Log Likelihood	176.3
AIC (Smaller is Better)	180.3
AICC (Smaller is Better)	181.1
BIC (Smaller is Better)	182.7

Null Model Likelihood Ratio Test		
DF	Chi-Square	Pr > ChiSq
1	0.00	1.0000

Type 3 Tests of Fixed Effects				
Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
Alim	5	18	16.74	<.0001

Least Squares Means						
Effect	Alim	Estimate	Standard Error	DF	t Value	Pr > t
Alim	1	119.62	12.8653	18	9.30	<.0001
Alim	2	133.13	12.8653	18	10.35	<.0001
Alim	3	137.52	12.8653	18	10.69	<.0001
Alim	4	147.40	12.8653	18	11.46	<.0001
Alim	5	41.8358	12.8653	18	3.25	0.0044
Alim	6	26.9350	12.8653	18	2.09	0.0507

Differences of Least Squares Means										
Effect	Alim	Alim	Estimate	Standard Error	DF	t Value	Pr > t	Adjustment	Adj P	
Alim	1	2	-13.5026	18.1942	18	-0.74	0.4676	Tukey	0.9737	
Alim	1	3	-17.8952	18.1942	18	-0.98	0.3384	Tukey	0.9173	
Alim	1	4	-27.7786	18.1942	18	-1.53	0.1442	Tukey	0.6527	
Alim	1	5	77.7874	18.1942	18	4.28	0.0005	Tukey	0.0052	
Alim	1	6	92.6882	18.1942	18	5.09	<.0001	Tukey	0.0009	
Alim	2	3	-4.3926	18.1942	18	-0.24	0.8120	Tukey	0.9999	
Alim	2	4	-14.2761	18.1942	18	-0.78	0.4429	Tukey	0.9667	
Alim	2	5	91.2900	18.1942	18	5.02	<.0001	Tukey	0.0011	
Alim	2	6	106.19	18.1942	18	5.84	<.0001	Tukey	0.0002	
Alim	3	4	-9.8835	18.1942	18	-0.54	0.5936	Tukey	0.9934	
Alim	3	5	95.6825	18.1942	18	5.26	<.0001	Tukey	0.0006	
Alim	3	6	110.58	18.1942	18	6.08	<.0001	Tukey	0.0001	

The Mixed Procedure

Temp=24

Differences of Least Squares Means									
Effect	Alim	Alim	Estimate	Standard Error	DF	t Value	Pr > t	Adjustment	Adj P
Alim	4	5	105.57	18.1942	18	5.80	<.0001	Tukey	0.0002
Alim	4	6	120.47	18.1942	18	6.62	<.0001	Tukey	<.0001
Alim	5	6	14.9008	18.1942	18	0.82	0.4235	Tukey	0.9601

The Mixed Procedure

Temp=48

Model Information	
Data Set	WORK.IMPORT
Dependent Variable	Gas
Covariance Structure	Compound Symmetry
Estimation Method	REML
Residual Variance Method	Profile
Fixed Effects SE Method	Model-Based
Degrees of Freedom Method	Between-Within

Class Level Information		
Class	Levels	Values
Rep	4	1 2 3 4
Alim	6	1 2 3 4 5 6

Dimensions	
Covariance Parameters	2
Columns in X	7
Columns in Z	0
Subjects	24
Max Obs per Subject	1

Number of Observations	
Number of Observations Read	24
Number of Observations Used	24
Number of Observations Not Used	0

Iteration History			
Iteration	Evaluations	-2 Res Log Like	Criterion
0	1	173.73294756	
1	1	173.73294756	0.00000000

Convergence criteria met.

Covariance Parameter Estimates	
Cov Parm	Estimate
CS	572.56
Residual	0.9983

The Mixed Procedure

Temp=48

Fit Statistics	
-2 Res Log Likelihood	173.7
AIC (Smaller is Better)	177.7
AICC (Smaller is Better)	178.5
BIC (Smaller is Better)	180.1

Null Model Likelihood Ratio Test		
DF	Chi-Square	Pr > ChiSq
1	0.00	1.0000

Type 3 Tests of Fixed Effects				
Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
Alim	5	18	20.67	<.0001

Least Squares Means						
Effect	Alim	Estimate	Standard Error	DF	t Value	Pr > t
Alim	1	163.17	11.9745	18	13.63	<.0001
Alim	2	174.18	11.9745	18	14.55	<.0001
Alim	3	180.71	11.9745	18	15.09	<.0001
Alim	4	193.42	11.9745	18	16.15	<.0001
Alim	5	74.2057	11.9745	18	6.20	<.0001
Alim	6	74.1460	11.9745	18	6.19	<.0001

Differences of Least Squares Means									
Effect	Alim	Alim	Estimate	Standard Error	DF	t Value	Pr > t	Adjustment	Adj P
Alim	1	2	-11.0150	16.9345	18	-0.65	0.5236	Tukey	0.9852
Alim	1	3	-17.5450	16.9345	18	-1.04	0.3139	Tukey	0.8995
Alim	1	4	-30.2544	16.9345	18	-1.79	0.0909	Tukey	0.4977
Alim	1	5	88.9615	16.9345	18	5.25	<.0001	Tukey	0.0007
Alim	1	6	89.0212	16.9345	18	5.26	<.0001	Tukey	0.0007
Alim	2	3	-6.5300	16.9345	18	-0.39	0.7043	Tukey	0.9987
Alim	2	4	-19.2394	16.9345	18	-1.14	0.2708	Tukey	0.8600
Alim	2	5	99.9765	16.9345	18	5.90	<.0001	Tukey	0.0002
Alim	2	6	100.04	16.9345	18	5.91	<.0001	Tukey	0.0002
Alim	3	4	-12.7094	16.9345	18	-0.75	0.4627	Tukey	0.9724
Alim	3	5	106.51	16.9345	18	6.29	<.0001	Tukey	<.0001
Alim	3	6	106.57	16.9345	18	6.29	<.0001	Tukey	<.0001

The Mixed Procedure

Temp=48

Differences of Least Squares Means									
Effect	Alim	Alim	Estimate	Standard Error	DF	t Value	Pr > t	Adjustment	Adj P
Alim	4	5	119.22	16.9345	18	7.04	<.0001	Tukey	<.0001
Alim	4	6	119.28	16.9345	18	7.04	<.0001	Tukey	<.0001
Alim	5	6	0.05969	16.9345	18	0.00	0.9972	Tukey	1.0000

Relatório da saída estatística - pH

quinta-feira, 20 de fevereiro de 2020 17h33min54s 1

The Mixed Procedure

TEMP=24

Model Information	
Data Set	WORK.IMPORT
Dependent Variable	PH
Covariance Structure	Compound Symmetry
Estimation Method	REML
Residual Variance Method	Profile
Fixed Effects SE Method	Model-Based
Degrees of Freedom Method	Between-Within

Class Level Information		
Class	Levels	Values
REP	4	1 2 3 4
ALIM	6	1 2 3 4 5 6

Dimensions	
Covariance Parameters	2
Columns in X	7
Columns in Z	0
Subjects	24
Max Obs per Subject	1

Number of Observations	
Number of Observations Read	24
Number of Observations Used	24
Number of Observations Not Used	0

Iteration History			
Iteration	Evaluations	-2 Res Log Like	Criterion
0	1	-47.98771326	
1	2	-47.98771326	0.00000000

Convergence criteria met.

Covariance Parameter Estimates	
Cov Parm	Estimate
CS	-0.00860
Residual	0.01116

The Mixed Procedure

TEMP=24

Fit Statistics	
-2 Res Log Likelihood	-48.0
AIC (Smaller is Better)	-44.0
AICC (Smaller is Better)	-43.2
BIC (Smaller is Better)	-41.6

Null Model Likelihood Ratio Test		
DF	Chi-Square	Pr > ChiSq
1	0.00	1.0000

Type 3 Tests of Fixed Effects				
Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
ALIM	5	18	44.24	<.0001

Least Squares Means						
Effect	ALIM	Estimate	Standard Error	DF	t Value	Pr > t
ALIM	1	6.5288	0.02532	18	257.84	<.0001
ALIM	2	6.4438	0.02532	18	254.48	<.0001
ALIM	3	6.4150	0.02532	18	253.35	<.0001
ALIM	4	6.4300	0.02532	18	253.94	<.0001
ALIM	5	6.7625	0.02532	18	267.07	<.0001
ALIM	6	6.7800	0.02532	18	267.76	<.0001

Differences of Least Squares Means									
Effect	ALIM	ALIM	Estimate	Standard Error	DF	t Value	Pr > t	Adjustment	Adj P
ALIM	1	2	0.08500	0.03581	18	2.37	0.0289	Tukey	0.2169
ALIM	1	3	0.1137	0.03581	18	3.18	0.0052	Tukey	0.0501
ALIM	1	4	0.09875	0.03581	18	2.76	0.0130	Tukey	0.1115
ALIM	1	5	-0.2338	0.03581	18	-6.53	<.0001	Tukey	<.0001
ALIM	1	6	-0.2513	0.03581	18	-7.02	<.0001	Tukey	<.0001
ALIM	2	3	0.02875	0.03581	18	0.80	0.4325	Tukey	0.9633
ALIM	2	4	0.01375	0.03581	18	0.38	0.7055	Tukey	0.9987
ALIM	2	5	-0.3188	0.03581	18	-8.90	<.0001	Tukey	<.0001
ALIM	2	6	-0.3363	0.03581	18	-9.39	<.0001	Tukey	<.0001
ALIM	3	4	-0.01500	0.03581	18	-0.42	0.6803	Tukey	0.9981
ALIM	3	5	-0.3475	0.03581	18	-9.70	<.0001	Tukey	<.0001
ALIM	3	6	-0.3650	0.03581	18	-10.19	<.0001	Tukey	<.0001

The Mixed Procedure

TEMP=24

Differences of Least Squares Means									
Effect	ALIM	ALIM	Estimate	Standard Error	DF	t Value	Pr > t	Adjustment	Adj P
ALIM	4	5	-0.3325	0.03581	18	-9.29	<.0001	Tukey	<.0001
ALIM	4	6	-0.3500	0.03581	18	-9.77	<.0001	Tukey	<.0001
ALIM	5	6	-0.01750	0.03581	18	-0.49	0.6310	Tukey	0.9960

The Mixed Procedure

TEMP=48

Model Information	
Data Set	WORK.IMPORT
Dependent Variable	PH
Covariance Structure	Compound Symmetry
Estimation Method	REML
Residual Variance Method	Profile
Fixed Effects SE Method	Model-Based
Degrees of Freedom Method	Between-Within

Class Level Information		
Class	Levels	Values
REP	4	1 2 3 4
ALIM	6	1 2 3 4 5 6

Dimensions	
Covariance Parameters	2
Columns in X	7
Columns in Z	0
Subjects	24
Max Obs per Subject	1

Number of Observations	
Number of Observations Read	24
Number of Observations Used	24
Number of Observations Not Used	0

Iteration History			
Iteration	Evaluations	-2 Res Log Like	Criterion
0	1	-47.65211236	
1	2	-47.65211236	0.00000000

Convergence criteria met.

Covariance Parameter Estimates	
Cov Parm	Estimate
CS	-0.00297
Residual	0.005587

The Mixed Procedure

TEMP=48

Fit Statistics	
-2 Res Log Likelihood	-47.7
AIC (Smaller is Better)	-43.7
AICC (Smaller is Better)	-42.9
BIC (Smaller is Better)	-41.3

Null Model Likelihood Ratio Test		
DF	Chi-Square	Pr > ChiSq
1	0.00	1.0000

Type 3 Tests of Fixed Effects				
Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
ALIM	5	18	18.65	<.0001

Least Squares Means						
Effect	ALIM	Estimate	Standard Error	DF	t Value	Pr > t
ALIM	1	6.3938	0.02556	18	250.17	<.0001
ALIM	2	6.3938	0.02556	18	250.17	<.0001
ALIM	3	6.3800	0.02556	18	249.63	<.0001
ALIM	4	6.3625	0.02556	18	248.94	<.0001
ALIM	5	6.6088	0.02556	18	258.58	<.0001
ALIM	6	6.5800	0.02556	18	257.45	<.0001

Differences of Least Squares Means									
Effect	ALIM	ALIM	Estimate	Standard Error	DF	t Value	Pr > t	Adjustment	Adj P
ALIM	1	2	5.55E-17	0.03614	18	0.00	1.0000	Tukey	1.0000
ALIM	1	3	0.01375	0.03614	18	0.38	0.7081	Tukey	0.9988
ALIM	1	4	0.03125	0.03614	18	0.86	0.3986	Tukey	0.9502
ALIM	1	5	-0.2150	0.03614	18	-5.95	<.0001	Tukey	0.0002
ALIM	1	6	-0.1862	0.03614	18	-5.15	<.0001	Tukey	0.0008
ALIM	2	3	0.01375	0.03614	18	0.38	0.7081	Tukey	0.9988
ALIM	2	4	0.03125	0.03614	18	0.86	0.3986	Tukey	0.9502
ALIM	2	5	-0.2150	0.03614	18	-5.95	<.0001	Tukey	0.0002
ALIM	2	6	-0.1862	0.03614	18	-5.15	<.0001	Tukey	0.0008
ALIM	3	4	0.01750	0.03614	18	0.48	0.6341	Tukey	0.9962
ALIM	3	5	-0.2288	0.03614	18	-6.33	<.0001	Tukey	<.0001
ALIM	3	6	-0.2000	0.03614	18	-5.53	<.0001	Tukey	0.0004

The Mixed Procedure

TEMP=48

Differences of Least Squares Means									
Effect	ALIM	ALIM	Estimate	Standard Error	DF	t Value	Pr > t	Adjustment	Adj P
ALIM	4	5	-0.2463	0.03614	18	-6.81	<.0001	Tukey	<.0001
ALIM	4	6	-0.2175	0.03614	18	-6.02	<.0001	Tukey	0.0001
ALIM	5	6	0.02875	0.03614	18	0.80	0.4367	Tukey	0.9647

Relatório da saída estatística – Vf1

quinta-feira, 14 de maio de 2020 18h10min14s 1

The GLIMMIX Procedure

Parametro=A

Model Information	
Data Set	WORK.IMPORT
Response Variable	Predito
Response Distribution	Gaussian
Link Function	Identity
Variance Function	Default
Variance Matrix	Not blocked
Estimation Technique	Restricted Maximum Likelihood
Degrees of Freedom Method	Containment

Class Level Information		
Class	Levels	Values
Tratamento	6	1 2 3 4 5 6
Rep	4	1 2 3 4

Number of Observations Read	24
Number of Observations Used	24

Dimensions	
G-side Cov. Parameters	1
R-side Cov. Parameters	1
Columns in X	7
Columns in Z	4
Subjects (Blocks in V)	1
Max Obs per Subject	24

Optimization Information	
Optimization Technique	Dual Quasi-Newton
Parameters in Optimization	1
Lower Boundaries	1
Upper Boundaries	0
Fixed Effects	Profiled
Residual Variance	Profiled
Starting From	Data

Iteration History					
Iteration	Restarts	Evaluations	Objective Function	Change	Max Gradient
0	0	4	128.41651996	.	8.88E-16

The GLIMMIX Procedure

Parametro=A

Convergence criterion (ABSGCONV=0.00001) satisfied.

Fit Statistics	
-2 Res Log Likelihood	128.42
AIC (smaller is better)	132.42
AICC (smaller is better)	133.22
BIC (smaller is better)	131.19
CAIC (smaller is better)	133.19
HQIC (smaller is better)	129.72
Generalized Chi-Square	623.62
Gener. Chi-Square / DF	34.65

Covariance Parameter Estimates		
Cov Parm	Estimate	Standard Error
Rep	26.9467	26.7996
Residual	34.6458	12.6509

Type III Tests of Fixed Effects				
Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
Tratamento	5	15	89.22	<.0001

Tratamento Least Squares Means					
Tratamento	Estimate	Standard Error	DF	t Value	Pr > t
1	50.3818	3.9240	15	12.84	<.0001
2	56.6708	3.9240	15	14.44	<.0001
3	68.4784	3.9240	15	17.45	<.0001
4	62.9059	3.9240	15	16.03	<.0001
5	18.8655	3.9240	15	4.81	0.0002
6	-1.6738	3.9240	15	-0.43	0.6758

Differences of Tratamento Least Squares Means Adjustment for Multiple Comparisons: Tukey-Kramer							
Tratamento	Tratamento	Estimate	Standard Error	DF	t Value	Pr > t	Adj P
1	2	-6.2890	4.1621	15	-1.51	0.1516	0.6630
1	3	-18.0966	4.1621	15	-4.35	0.0006	0.0062
1	4	-12.5241	4.1621	15	-3.01	0.0088	0.0774
1	5	31.5163	4.1621	15	7.57	<.0001	<.0001
1	6	52.0556	4.1621	15	12.51	<.0001	<.0001

The GLIMMIX Procedure

Parametro=A

Differences of Tratamento Least Squares Means Adjustment for Multiple Comparisons: Tukey-Kramer							
Tratamento	Tratamento	Estimate	Standard Error	DF	t Value	Pr > t	Adj P
2	3	-11.8076	4.1621	15	-2.84	0.0125	0.1050
2	4	-6.2351	4.1621	15	-1.50	0.1549	0.6706
2	5	37.8053	4.1621	15	9.08	<.0001	<.0001
2	6	58.3447	4.1621	15	14.02	<.0001	<.0001
3	4	5.5725	4.1621	15	1.34	0.2005	0.7602
3	5	49.6129	4.1621	15	11.92	<.0001	<.0001
3	6	70.1522	4.1621	15	16.86	<.0001	<.0001
4	5	44.0404	4.1621	15	10.58	<.0001	<.0001
4	6	64.5797	4.1621	15	15.52	<.0001	<.0001
5	6	20.5393	4.1621	15	4.93	0.0002	0.0020

Tukey-Kramer Grouping for Tratamento Least Squares Means (Alpha=0.05)			
LS-means with the same letter are not significantly different.			
Tratamento	Estimate		
3	68.4784		A
			A
4	62.9059	B	A
		B	A
2	56.6708	B	A
		B	
1	50.3818	B	
5	18.8655		C
6	-1.6738		D

Tratamento Least Squares Means					
Tratamento	Estimate	Standard Error	DF	t Value	Pr > t
1	50.3818	3.9240	15	12.84	<.0001
2	56.6708	3.9240	15	14.44	<.0001
3	68.4784	3.9240	15	17.45	<.0001
4	62.9059	3.9240	15	16.03	<.0001
5	18.8655	3.9240	15	4.81	0.0002
6	-1.6738	3.9240	15	-0.43	0.6758

The GLIMMIX Procedure

Parametro=A

T Grouping for Tratamento Least Squares Means (Alpha=0.05)			
LS-means with the same letter are not significantly different.			
Tratamento	Estimate		
3	68.4784		A
			A
4	62.9059	B	A
		B	
2	56.6708	B	C
			C
1	50.3818		C
5	18.8655		D
6	-1.6738		E

Relatório da saída estatística – C1

quinta-feira, 14 de maio de 2020 18h10min14s 5

The GLIMMIX Procedure

Parametro=B

Model Information	
Data Set	WORK.IMPORT
Response Variable	Predito
Response Distribution	Gaussian
Link Function	Identify
Variance Function	Default
Variance Matrix	Not blocked
Estimation Technique	Restricted Maximum Likelihood
Degrees of Freedom Method	Containment

Class Level Information		
Class	Levels	Values
Tratamento	6	1 2 3 4 5 6
Rep	4	1 2 3 4

Number of Observations Read	24
Number of Observations Used	24

Dimensions	
G-side Cov. Parameters	1
R-side Cov. Parameters	1
Columns in X	7
Columns in Z	4
Subjects (Blocks in V)	1
Max Obs per Subject	24

Optimization Information	
Optimization Technique	Dual Quasi-Newton
Parameters in Optimization	1
Lower Boundaries	1
Upper Boundaries	0
Fixed Effects	Profiled
Residual Variance	Profiled
Starting From	Data

Iteration History					
Iteration	Restarts	Evaluations	Objective Function	Change	Max Gradient
0	0	4	109.6955277	.	0

The GLIMMIX Procedure

Parametro=B

Convergence criterion (ABSGCONV=0.00001) satisfied.

Estimated G matrix is not positive definite.

Fit Statistics	
-2 Res Log Likelihood	109.70
AIC (smaller is better)	111.70
AICC (smaller is better)	111.95
BIC (smaller is better)	111.08
CAIC (smaller is better)	112.08
HQIC (smaller is better)	110.35
Generalized Chi-Square	294.30
Gener. Chi-Square / DF	16.35

Covariance Parameter Estimates		
Cov Parm	Estimate	Standard Error
Rep	0	.
Residual	16.3499	5.4500

Type III Tests of Fixed Effects				
Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
Tratamento	5	15	1.57	0.2292

Tratamento Least Squares Means					
Tratamento	Estimate	Standard Error	DF	t Value	Pr > t
1	0.1826	2.0217	15	0.09	0.9292
2	0.2325	2.0217	15	0.11	0.9100
3	0.2531	2.0217	15	0.13	0.9020
4	0.2838	2.0217	15	0.14	0.8902
5	0.2323	2.0217	15	0.11	0.9100
6	6.4342	2.0217	15	3.18	0.0062

Differences of Tratamento Least Squares Means Adjustment for Multiple Comparisons: Tukey							
Tratamento	Tratamento	Estimate	Standard Error	DF	t Value	Pr > t	Adj P
1	2	-0.04990	2.8592	15	-0.02	0.9863	1.0000
1	3	-0.07050	2.8592	15	-0.02	0.9807	1.0000
1	4	-0.1013	2.8592	15	-0.04	0.9722	1.0000
1	5	-0.04975	2.8592	15	-0.02	0.9863	1.0000

The GLIMMIX Procedure

Parametro=B

Differences of Tratamento Least Squares Means Adjustment for Multiple Comparisons: Tukey							
Tratamento	Tratamento	Estimate	Standard Error	DF	t Value	Pr > t	Adj P
1	6	-6.2516	2.8592	15	-2.19	0.0450	0.2989
2	3	-0.02060	2.8592	15	-0.01	0.9943	1.0000
2	4	-0.05135	2.8592	15	-0.02	0.9859	1.0000
2	5	0.000150	2.8592	15	0.00	1.0000	1.0000
2	6	-6.2017	2.8592	15	-2.17	0.0466	0.3065
3	4	-0.03075	2.8592	15	-0.01	0.9916	1.0000
3	5	0.02075	2.8592	15	0.01	0.9943	1.0000
3	6	-6.1811	2.8592	15	-2.16	0.0472	0.3096
4	5	0.05150	2.8592	15	0.02	0.9859	1.0000
4	6	-6.1504	2.8592	15	-2.15	0.0482	0.3144
5	6	-6.2019	2.8592	15	-2.17	0.0466	0.3065

Tukey Grouping for Tratamento Least Squares Means (Alpha=0.05)		
LS-means with the same letter are not significantly different.		
Tratamento	Estimate	
6	6.4342	A
		A
4	0.2838	A
		A
3	0.2531	A
		A
2	0.2325	A
		A
5	0.2323	A
		A
1	0.1826	A

Tratamento Least Squares Means					
Tratamento	Estimate	Standard Error	DF	t Value	Pr > t
1	0.1826	2.0217	15	0.09	0.9292
2	0.2325	2.0217	15	0.11	0.9100
3	0.2531	2.0217	15	0.13	0.9020
4	0.2838	2.0217	15	0.14	0.8902

The GLIMMIX Procedure

Parametro=B

Tratamento Least Squares Means					
Tratamento	Estimate	Standard Error	DF	t Value	Pr > t
5	0.2323	2.0217	15	0.11	0.9100
6	6.4342	2.0217	15	3.18	0.0062

T Grouping for Tratamento Least Squares Means (Alpha=0.05)		
LS-means with the same letter are not significantly different.		
Tratamento	Estimate	
6	6.4342	A
4	0.2838	B
		B
3	0.2531	B
		B
2	0.2325	B
		B
5	0.2323	B
		B
1	0.1826	B

Relatório da saída estatística – L

quinta-feira, 14 de maio de 2020 18h10min14s 9

The GLIMMIX Procedure

Parametro=C

Model Information	
Data Set	WORK.IMPORT
Response Variable	Predito
Response Distribution	Gaussian
Link Function	Identify
Variance Function	Default
Variance Matrix	Not blocked
Estimation Technique	Restricted Maximum Likelihood
Degrees of Freedom Method	Containment

Class Level Information		
Class	Levels	Values
Tratamento	6	1 2 3 4 5 6
Rep	4	1 2 3 4

Number of Observations Read	24
Number of Observations Used	24

Dimensions	
G-side Cov. Parameters	1
R-side Cov. Parameters	1
Columns in X	7
Columns in Z	4
Subjects (Blocks in V)	1
Max Obs per Subject	24

Optimization Information	
Optimization Technique	Dual Quasi-Newton
Parameters in Optimization	1
Lower Boundaries	1
Upper Boundaries	0
Fixed Effects	Profiled
Residual Variance	Profiled
Starting From	Data

Iteration History					
Iteration	Restarts	Evaluations	Objective Function	Change	Max Gradient
0	0	4	85.286559965	.	1.78E-15

The GLIMMIX Procedure

Parametro=C

Convergence criterion (ABSGCONV=0.00001) satisfied.

Fit Statistics	
-2 Res Log Likelihood	85.29
AIC (smaller is better)	89.29
AICC (smaller is better)	90.09
BIC (smaller is better)	88.06
CAIC (smaller is better)	90.06
HQIC (smaller is better)	86.59
Generalized Chi-Square	66.53
Gener. Chi-Square / DF	3.70

Covariance Parameter Estimates		
Cov Parm	Estimate	Standard Error
Rep	0.7353	1.1260
Residual	3.6960	1.3496

Type III Tests of Fixed Effects				
Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
Tratamento	5	15	9.75	0.0003

Tratamento Least Squares Means					
Tratamento	Estimate	Standard Error	DF	t Value	Pr > t
1	4.7887	1.0525	15	4.55	0.0004
2	4.8280	1.0525	15	4.59	0.0004
3	5.6211	1.0525	15	5.34	<.0001
4	4.0838	1.0525	15	3.88	0.0015
5	7.4505	1.0525	15	7.08	<.0001
6	12.1415	1.0525	15	11.54	<.0001

Differences of Tratamento Least Squares Means Adjustment for Multiple Comparisons: Tukey-Kramer							
Tratamento	Tratamento	Estimate	Standard Error	DF	t Value	Pr > t	Adj P
1	2	-0.03928	1.3594	15	-0.03	0.9773	1.0000
1	3	-0.8324	1.3594	15	-0.61	0.5495	0.9884
1	4	0.7049	1.3594	15	0.52	0.6116	0.9946
1	5	-2.6618	1.3594	15	-1.96	0.0691	0.4078
1	6	-7.3528	1.3594	15	-5.41	<.0001	0.0008

The GLIMMIX Procedure

Parametro=C

Differences of Tratamento Least Squares Means Adjustment for Multiple Comparisons: Tukey-Kramer							
Tratamento	Tratamento	Estimate	Standard Error	DF	t Value	Pr > t	Adj P
2	3	-0.7931	1.3594	15	-0.58	0.5683	0.9907
2	4	0.7442	1.3594	15	0.55	0.5921	0.9930
2	5	-2.6225	1.3594	15	-1.93	0.0729	0.4230
2	6	-7.3135	1.3594	15	-5.38	<.0001	0.0009
3	4	1.5373	1.3594	15	1.13	0.2759	0.8611
3	5	-1.8294	1.3594	15	-1.35	0.1984	0.7564
3	6	-6.5205	1.3594	15	-4.80	0.0002	0.0026
4	5	-3.3667	1.3594	15	-2.48	0.0257	0.1922
4	6	-8.0577	1.3594	15	-5.93	<.0001	0.0003
5	6	-4.6910	1.3594	15	-3.45	0.0036	0.0343

Tukey-Kramer Grouping for Tratamento Least Squares Means (Alpha=0.05)		
LS-means with the same letter are not significantly different.		
Tratamento	Estimate	
6	12.1415	A
5	7.4505	B
		B
3	5.6211	B
		B
2	4.8280	B
		B
1	4.7887	B
		B
4	4.0838	B

Tratamento Least Squares Means					
Tratamento	Estimate	Standard Error	DF	t Value	Pr > t
1	4.7887	1.0525	15	4.55	0.0004
2	4.8280	1.0525	15	4.59	0.0004
3	5.6211	1.0525	15	5.34	<.0001
4	4.0838	1.0525	15	3.88	0.0015
5	7.4505	1.0525	15	7.08	<.0001
6	12.1415	1.0525	15	11.54	<.0001

The GLIMMIX Procedure

Parametro=C

T Grouping for Tratamento Least Squares Means (Alpha=0.05)			
LS-means with the same letter are not significantly different.			
Tratamento	Estimate		
6	12.1415		A
5	7.4505		B
			B
3	5.6211	C	B
		C	B
2	4.8280	C	B
		C	B
1	4.7887	C	B
		C	
4	4.0838	C	

Relatório da saída estatística – Vf_2

quinta-feira, 14 de maio de 2020 18h10min14s 13

The GLIMMIX Procedure

Parametro=D

Model Information	
Data Set	WORK.IMPORT
Response Variable	Predito
Response Distribution	Gaussian
Link Function	Identify
Variance Function	Default
Variance Matrix	Not blocked
Estimation Technique	Restricted Maximum Likelihood
Degrees of Freedom Method	Containment

Class Level Information		
Class	Levels	Values
Tratamento	6	1 2 3 4 5 6
Rep	4	1 2 3 4

Number of Observations Read	24
Number of Observations Used	24

Dimensions	
G-side Cov. Parameters	1
R-side Cov. Parameters	1
Columns in X	7
Columns in Z	4
Subjects (Blocks in V)	1
Max Obs per Subject	24

Optimization Information	
Optimization Technique	Dual Quasi-Newton
Parameters in Optimization	1
Lower Boundaries	1
Upper Boundaries	0
Fixed Effects	Profiled
Residual Variance	Profiled
Starting From	Data

Iteration History					
Iteration	Restarts	Evaluations	Objective Function	Change	Max Gradient
0	0	4	155.38403811	.	7.77E-16

The GLIMMIX Procedure

Parametro=D

Convergence criterion (ABSGCONV=0.00001) satisfied.

Fit Statistics	
-2 Res Log Likelihood	155.38
AIC (smaller is better)	159.38
AICC (smaller is better)	160.18
BIC (smaller is better)	158.16
CAIC (smaller is better)	160.16
HQIC (smaller is better)	156.69
Generalized Chi-Square	2468.97
Gener. Chi-Square / DF	137.16

Covariance Parameter Estimates		
Cov Parm	Estimate	Standard Error
Rep	246.80	220.33
Residual	137.16	50.0855

Type III Tests of Fixed Effects				
Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
Tratamento	5	15	15.26	<.0001

Tratamento Least Squares Means					
Tratamento	Estimate	Standard Error	DF	t Value	Pr > t
1	114.01	9.7975	15	11.64	<.0001
2	116.20	9.7975	15	11.86	<.0001
3	109.95	9.7975	15	11.22	<.0001
4	129.75	9.7975	15	13.24	<.0001
5	64.5309	9.7975	15	6.59	<.0001
6	93.3872	9.7975	15	9.53	<.0001

Differences of Tratamento Least Squares Means Adjustment for Multiple Comparisons: Tukey-Kramer							
Tratamento	Tratamento	Estimate	Standard Error	DF	t Value	Pr > t	Adj P
1	2	-2.1876	8.2814	15	-0.26	0.7953	0.9998
1	3	4.0636	8.2814	15	0.49	0.6307	0.9958
1	4	-15.7364	8.2814	15	-1.90	0.0768	0.4385
1	5	49.4827	8.2814	15	5.98	<.0001	0.0003
1	6	20.6264	8.2814	15	2.49	0.0250	0.1879

The GLIMMIX Procedure

Parametro=D

Differences of Tratamento Least Squares Means Adjustment for Multiple Comparisons: Tukey-Kramer							
Tratamento	Tratamento	Estimate	Standard Error	DF	t Value	Pr > t	Adj P
2	3	6.2512	8.2814	15	0.75	0.4620	0.9711
2	4	-13.5488	8.2814	15	-1.64	0.1226	0.5894
2	5	51.6703	8.2814	15	6.24	<.0001	0.0002
2	6	22.8140	8.2814	15	2.75	0.0147	0.1211
3	4	-19.8000	8.2814	15	-2.39	0.0304	0.2200
3	5	45.4191	8.2814	15	5.48	<.0001	0.0007
3	6	16.5628	8.2814	15	2.00	0.0639	0.3863
4	5	65.2191	8.2814	15	7.88	<.0001	<.0001
4	6	36.3628	8.2814	15	4.39	0.0005	0.0057
5	6	-28.8563	8.2814	15	-3.48	0.0033	0.0322

Tukey-Kramer Grouping for Tratamento Least Squares Means (Alpha=0.05)			
LS-means with the same letter are not significantly different.			
Tratamento	Estimate		
4	129.75		A
			A
2	116.20	B	A
		B	A
1	114.01	B	A
		B	A
3	109.95	B	A
		B	
6	93.3872	B	
5	64.5309		C

Tratamento Least Squares Means					
Tratamento	Estimate	Standard Error	DF	t Value	Pr > t
1	114.01	9.7975	15	11.64	<.0001
2	116.20	9.7975	15	11.86	<.0001
3	109.95	9.7975	15	11.22	<.0001
4	129.75	9.7975	15	13.24	<.0001
5	64.5309	9.7975	15	6.59	<.0001
6	93.3872	9.7975	15	9.53	<.0001

The GLIMMIX Procedure

Parametro=D

T Grouping for Tratamento Least Squares Means (Alpha=0.05)			
LS-means with the same letter are not significantly different.			
Tratamento	Estimate		
4	129.75		A
			A
2	116.20	B	A
		B	A
1	114.01	B	A
		B	
3	109.95	B	C
			C
6	93.3872		C
5	64.5309		D

Relatório da saída estatística – C₂

quinta-feira, 14 de maio de 2020 18h10min14s 17

The GLIMMIX Procedure

Parametro=E

Model Information	
Data Set	WORK.IMPORT
Response Variable	Predito
Response Distribution	Gaussian
Link Function	Identify
Variance Function	Default
Variance Matrix	Not blocked
Estimation Technique	Restricted Maximum Likelihood
Degrees of Freedom Method	Containment

Class Level Information		
Class	Levels	Values
Tratamento	6	1 2 3 4 5 6
Rep	4	1 2 3 4

Number of Observations Read	24
Number of Observations Used	24

Dimensions	
G-side Cov. Parameters	1
R-side Cov. Parameters	1
Columns in X	7
Columns in Z	4
Subjects (Blocks in V)	1
Max Obs per Subject	24

Optimization Information	
Optimization Technique	Dual Quasi-Newton
Parameters in Optimization	1
Lower Boundaries	1
Upper Boundaries	0
Fixed Effects	Profiled
Residual Variance	Profiled
Starting From	Data

Iteration History					
Iteration	Restarts	Evaluations	Objective Function	Change	Max Gradient
0	0	4	-118.7567627	.	3.11E-15

The GLIMMIX Procedure

Parametro=E

Convergence criterion (ABSGCONV=0.00001) satisfied.

Fit Statistics	
-2 Res Log Likelihood	-118.76
AIC (smaller is better)	-114.76
AICC (smaller is better)	-113.96
BIC (smaller is better)	-115.98
CAIC (smaller is better)	-113.98
HQIC (smaller is better)	-117.45
Generalized Chi-Square	0.00
Gener. Chi-Square / DF	0.00

Covariance Parameter Estimates		
Cov Parm	Estimate	Standard Error
Rep	0.000020	0.000022
Residual	0.000040	0.000015

Type III Tests of Fixed Effects				
Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
Tratamento	5	15	3.11	0.0402

Tratamento Least Squares Means					
Tratamento	Estimate	Standard Error	DF	t Value	Pr > t
1	0.03025	0.003872	15	7.81	<.0001
2	0.03305	0.003872	15	8.54	<.0001
3	0.03485	0.003872	15	9.00	<.0001
4	0.03278	0.003872	15	8.47	<.0001
5	0.02090	0.003872	15	5.40	<.0001
6	0.02415	0.003872	15	6.24	<.0001

Differences of Tratamento Least Squares Means Adjustment for Multiple Comparisons: Tukey-Kramer							
Tratamento	Tratamento	Estimate	Standard Error	DF	t Value	Pr > t	Adj P
1	2	-0.00280	0.004466	15	-0.63	0.5401	0.9871
1	3	-0.00460	0.004466	15	-1.03	0.3193	0.9005
1	4	-0.00253	0.004466	15	-0.57	0.5802	0.9919
1	5	0.009350	0.004466	15	2.09	0.0537	0.3406
1	6	0.006100	0.004466	15	1.37	0.1921	0.7455

The GLIMMIX Procedure

Parametro=E

Differences of Tratamento Least Squares Means Adjustment for Multiple Comparisons: Tukey-Kramer							
Tratamento	Tratamento	Estimate	Standard Error	DF	t Value	Pr > t	Adj P
2	3	-0.00180	0.004466	15	-0.40	0.6926	0.9983
2	4	0.000275	0.004466	15	0.06	0.9517	1.0000
2	5	0.01215	0.004466	15	2.72	0.0158	0.1284
2	6	0.008900	0.004466	15	1.99	0.0648	0.3899
3	4	0.002075	0.004466	15	0.46	0.6489	0.9967
3	5	0.01395	0.004466	15	3.12	0.0070	0.0629
3	6	0.01070	0.004466	15	2.40	0.0301	0.2183
4	5	0.01188	0.004466	15	2.66	0.0179	0.1425
4	6	0.008625	0.004466	15	1.93	0.0726	0.4219
5	6	-0.00325	0.004466	15	-0.73	0.4780	0.9753

Tukey-Kramer Grouping for Tratamento Least Squares Means (Alpha=0.05)		
LS-means with the same letter are not significantly different.		
Tratamento	Estimate	
3	0.03485	A
		A
2	0.03305	A
		A
4	0.03278	A
		A
1	0.03025	A
		A
6	0.02415	A
		A
5	0.02090	A

Tratamento Least Squares Means					
Tratamento	Estimate	Standard Error	DF	t Value	Pr > t
1	0.03025	0.003872	15	7.81	<.0001
2	0.03305	0.003872	15	8.54	<.0001
3	0.03485	0.003872	15	9.00	<.0001
4	0.03278	0.003872	15	8.47	<.0001
5	0.02090	0.003872	15	5.40	<.0001
6	0.02415	0.003872	15	6.24	<.0001

The GLIMMIX Procedure

Parametro=E

T Grouping for Tratamento Least Squares Means (Alpha=0.05)				
LS-means with the same letter are not significantly different.				
Tratamento	Estimate			
3	0.03485		A	
			A	
2	0.03305	B	A	
		B	A	
4	0.03278	B	A	
		B	A	
1	0.03025	B	A	C
		B		C
6	0.02415	B		C
				C
5	0.02090			C